



Ю. И. Категоренко, М. В. Ведерников,
В. В. Сапронов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Екатеринбург
РГПУ
2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**Ю. И. Категоренко, М. В. Ведерников,
В. В. Сапронов**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Учебное пособие

© ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет», 2018

ISBN 978-5-8050-0637-2

Екатеринбург
РГППУ
2018

УДК 621.74.06(075.8)

ББК 34.61я73-1

К 29

П 24 **Технологическое** оборудование литейных цехов: учебное пособие / Ю. И. Категоренко, М. В. Ведерников, В. В. Сап-
ронов; под общ. ред. Ю. И. Категоренко. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. 454 с. Режим доступа:
<http://elar.rsvpu.ru/978-5-8050-0645-7.pdf>.

ISBN 978-5-8050-0637-2

Рассмотрено технологическое оборудование для изготовления отливок в разовых песчано-глинистых формах. Учебное пособие составлено в соответствии с государственным образовательным стандартом и программой дисциплины «Технологическое оборудование литейных цехов».

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям), профилю подготовки «Металлургия», профилизации «Технология и менеджмент в металлургических производствах», а также по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия, профилю подготовки «Технология литейных процессов». Имеет интерактивное оглавление в виде ссылок.

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Е. Л. Фурман (ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»); кандидат технических наук, доцент В. В. Ушенин (ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»)

Системные требования: Windows XP/2003; программа для чтения pdf-файлов Adobe Acrobat Reader

Учебное издание

Редактор Е. А. Ушакова; компьютерная верстка Н. А. Ушениной

Утверждено постановлением редакционно-издательского совета университета

Подписано к использованию 04.04.18. Текстовое (символьное) издание (22,9 Мб).

Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета. Екатеринбург,
ул. Машиностроителей, 11.

© ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет», 2018

Оглавление

Введение.....	8
Раздел 1. Хранение, переработка и транспортирование исходных и формовочных материалов	10
Глава 1. Технологическая схема приготовления формовочных смесей.....	10
1.1. Порядок приготовления формовочной смеси	10
1.2. Смесеприготовительное отделение механизированного литейного цеха.....	14
1.3. Типовая механизация склада формовочных материалов.....	15
1.3.1. Бункера для формовочных материалов	19
1.3.2. Предупреждение зависания материала в бункерах	21
1.3.3. Затворы, питатели, дозаторы	23
1.4. Оборудование для подготовки отработанной формовочной смеси	32
1.4.1. Электромагнитные железоотделители	32
1.4.2. Сита	36
1.4.3. Оборудование для гомогенизации и охлаждения отработанной смеси	41
1.4.4. Оборудование для сушки песка и глины.....	44
1.4.5. Устройства для дробления и измельчения исходных формовочных материалов	50
1.4.5.1. Физические основы размельчения материалов	50
1.4.5.2. Дробилки.....	52
1.4.5.3. Мельницы	61
1.5. Оборудование для регенерации отработанных формовочных смесей	68
1.5.1. Гидрорегенерация песка отработанной смеси.....	69
1.5.2. Термическая регенерация песка	70
1.5.3. Пневматическая регенерация песка	74
1.5.4. Механическая регенерация песка.....	75
1.5.5. Термомеханическая регенерация песка.....	79
1.5.6. Установки для сепарации мелкодисперсных материалов.....	79
Контрольные вопросы и задания.....	81
Глава 2. Оборудование для приготовления формовочных и стержневых смесей.....	83
2.1. Классификация смешивающих устройств.....	83
2.2. Катковые смесители.....	84

2.2.1. Принцип работы каткового смесителя	84
2.2.2. Нормальные смешивающие бегуны периодического действия	86
2.2.3. Катковые смесители непрерывного действия.....	88
2.2.4. Маятниковые смесители	91
2.2.5. Смесители с одним вертикальным катком.....	92
2.2.6. Лопастные (шнековые) смесители	93
2.2.7. Смесители других типов	96
2.3. Разрыхлители.....	97
2.3.1. Дезинтегратор.....	97
2.3.2. Аэраторы.....	98
2.3.2.1. Лопастной разрыхлитель (аэратор).....	98
2.3.2.2. Аэраторы других типов	99
2.4. Схема смесеприготовительной установки	101
2.5. Автоматизация контроля физико-механических свойств формовочных смесей.....	103
2.6. Автоматизация распределения формовочной смеси.....	104
Контрольные вопросы и задания.....	107
Глава 3. Транспортное оборудование для формовочных материалов и смесей	108
3.1. Машины непрерывного транспорта.....	108
3.1.1. Ленточные конвейеры	108
3.1.2. Элеваторы	112
3.1.3. Пластинчатые конвейеры.....	114
3.1.4. Скребковые конвейеры	116
3.1.5. Подвесные конвейеры	116
3.1.6. Винтовые конвейеры	119
3.1.7. Качающиеся конвейеры	120
3.1.8. Вибрационные конвейеры.....	122
3.1.9. Гравитационные устройства и роликовые конвейеры.....	125
3.1.10. Пневматический транспорт формовочных материалов и смесей	125
3.1.10.1. Схемы пневматических транспортных систем.....	125
3.1.10.2. Принцип расчета установки пневмотранспорта.....	129
Контрольные вопросы и задания.....	132
Раздел 2. Оборудование для изготовления форм и стержней	133
Глава 4. Классификация формовочных и стержневых машин.....	133
4.1. Конструкции формовочных и стержневых машин.....	133
4.2. Типы и маркировка формовочных машин	142

Контрольные вопросы и задания.....	144
Глава 5. Прессовые формовочные машины	145
5.1. Верхнее и нижнее прессование	145
5.2. Основные закономерности прессования	148
5.3. Прессование под высоким давлением	155
5.4. Рабочий процесс и расчет прессового механизма	160
5.4.1. Индикаторная диаграмма пневматического прессового цилиндра.....	160
5.4.2. Расчет прессового механизма формовочной машины	164
5.5. Новые методы прессования	165
Контрольные вопросы и задания.....	168
Глава 6. Встряхивающие формовочные машины	169
6.1. Схемы процесса уплотнения.....	169
6.2. Уплотнение формовочной смеси при встряхивании.....	171
6.3. Эмпирическое уравнение встряхивания	172
6.4. Качество уплотнения литейной формы при встряхивании	173
6.5. Классификация встряхивающих механизмов	177
6.6. Рабочий процесс пневматического встряхивающего цилиндра	184
6.7. Расчет пневматического встряхивающего механизма	186
6.8. Методика построения индикаторной диаграммы встряхивающего механизма	187
6.9. Механизм для уплотнения литейных форм с помощью одновременного встряхивания и прессования	188
Контрольные вопросы и задания.....	190
Глава 7. Пескодующие машины.....	191
7.1. Факторы уплотняющего воздействия при пескодующем процессе.....	191
7.2. Типы пескодующих механизмов	193
7.3. Сочетание пескодующего процесса с прессованием литейных форм	196
Контрольные вопросы и задания.....	200
Глава 8. Пескометы	201
8.1. Метательная головка центробежного пескомета.....	201
8.2. Типы пескометов.....	202
8.3. Рабочий процесс пескомета	208
Контрольные вопросы и задания.....	210
Глава 9. Импульсные методы формовки	211
9.1. Воздушно-импульсная формовка	211

9.2. Уплотнение форм воздушным потоком с допрессовкой под высоким давлением (метод SEIATSU)	213
Контрольные вопросы и задания.....	216
Раздел 3. Поточно-механизированные и автоматические литейные линии.....	217
Глава 10. Классификация поточно-механизированных и автоматических линий изготовления отливок в разовых формах	217
Контрольные вопросы и задания.....	223
Глава 11. Типовой литейный конвейер.....	224
Контрольные вопросы и задания.....	227
Глава 12. Литейные конвейеры пульсирующего типа	228
Контрольные вопросы и задания.....	230
Глава 13. Автоматические линии	231
Контрольные вопросы и задания.....	236
Глава 14. Автоматические стержневые линии	237
14.1. Классификация стержневых автоматических линий	237
14.2. Стержневые линии на базе пескодувных автоматов.....	238
14.3. Примеры линий для изготовления стержней	240
Контрольные вопросы и задания.....	246
Раздел 4. Оборудование складов шихты, плавильно-заливочных отделений	247
Глава 15. Типовая механизация складов шихты чугунолитейного цеха	247
Контрольные вопросы и задания.....	255
Глава 16. Типовая механизация складов шихты сталелитейного цеха.....	256
Контрольные вопросы и задания.....	257
Глава 17. Технологическое оборудование плавильных и заливочных отделений	258
17.1. Литейные ковши.....	258
17.2. Устройства для нагружения форм перед заливкой	261
17.3. Автоматизация заливки литейных форм на конвейере.....	262
Контрольные вопросы и задания.....	266
Раздел 5. Оборудование для выбивки и очистки отливок	267
Глава 18. Простейшие выбивные устройства	267
Контрольные вопросы и задания.....	269
Глава 19. Механические выбивные решетки	270
Контрольные вопросы и задания.....	273
Глава 20. Оборудование для выбивки стержней из отливок.....	274
20.1. Вибрационные машины для выбивки стержней.....	274

20.2. Гидравлические установки.....	275
20.3. Электрогидравлические установки	278
Контрольные вопросы и задания.....	280
Глава 21. Оборудование для очистки отливок.....	281
21.1. Очистка отливок в галтовочных барабанах	281
21.2. Дробеметная очистка отливок	284
21.3. Типы дробеметных аппаратов и машин	286
21.4. Дробеструйная очистка отливок.....	291
21.5. Специальные способы очистки отливок.....	292
Контрольные вопросы и задания.....	293
Раздел 6. Оборудование для обрубки, зачистки и окраски отливок.....	295
Глава 22. Оборудование для отделения элементов литниковых систем	295
22.1. Рубильные молотки.....	295
22.2. Механическое отделение элементов литниковых систем	296
22.3. Оборудование для отрезки прибылей и литников абразивными кругами	297
22.4. Оборудование для обрубки отливок методами газовой и воздушно-дуговой резки	298
Контрольные вопросы и задания.....	300
Глава 23. Оборудование для заварки дефектов отливок.....	301
Контрольные вопросы и задания.....	303
Глава 24. Оборудование для зачистки отливок шлифовальными кругами	304
24.1. Характеристика абразивных материалов	304
24.2. Типы станков для зачистки отливок	305
Контрольные вопросы и задания.....	307
Глава 25. Оборудование для окраски отливок	308
Контрольные вопросы и задания.....	309
Заключение	310
Библиографический список.....	311
Приложение 1. Примеры расчета литейных машин.....	313
Приложение 2. Варианты индивидуальных заданий, справочные данные	422
Приложение 3. Словарь терминов.....	452

Введение

Современное машиностроение трудно представить без металлургических производств. К ним относится в первую очередь литейное производство, основной задачей которого является обеспечение производства машин литыми заготовками. После механической обработки отливок получают детали для различных машин и механизмов.

Среди разнообразных способов изготовления отливок самым массовым является их получение в песчано-глинистых разовых формах. Изготовление разовых форм связано с неблагоприятными условиями труда, но удельный вес этого процесса среди остальных способов производства отливок остается достаточно большим в связи с его универсальностью и относительно низкой стоимостью.

Современные литейные цехи отличаются высоким уровнем механизации и автоматизации производства благодаря использованию новых прогрессивных технологических процессов при получении отливок и нового технологического оборудования. Это позволяет не только исключить применение ручного труда, но и повысить производительность и улучшить условия труда рабочих.

В учебном пособии рассматриваются принципы работы и конструкции современных машин и устройств, поточных и автоматизированных линий литейного производства, анализируются пути их совершенствования и эффективного применения. Кроме того, студентам предлагаются методики расчета отдельных узлов и агрегатов литейного производства.

В каждой главе приведены контрольные вопросы и задания, помогающие применять полученные знания при решении организационных инженерных задач и в педагогической деятельности.

В прил. 1 представлены примеры расчета литейных машин; в прил. 2 – варианты индивидуальных заданий, справочные данные; в прил. 3 – словарь терминов.

Изучение курса «Технологическое оборудование литейных цехов» предполагает наличие у студентов глубоких знаний по специальным дисциплинам «Технология литейного производства», «Общая металлургия», «Металлургическая теплотехника», «Печи литейных цехов», «Производство чугуна и стального литья», «Производство цветного литья» и др.

Основные задачи учебного пособия заключаются в следующем:

- 1) дать необходимый объем знаний в области технологического оборудования и транспортных устройств литейного производства;
- 2) познакомить с основами механизации и автоматизации процесса изготовления отливок;
- 3) сформировать основные понятия о поточных и автоматических линиях, особенностях их эксплуатации;
- 4) познакомить с методикой расчета отдельных узлов машин и видов оборудования.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- основное оборудование, применяемое при хранении, подготовке и транспортировании формовочных и шихтовых материалов;
- оборудование для приготовления формовочных и стержневых смесей;
- принцип действия и устройство основных типов машин и механизмов для изготовления литейных форм и стержней;
- оборудование плавильных и заливочных отделений литейных цехов;
- оборудование, применяемое для финишной обработки отливок.

После изучения дисциплины «Технологическое оборудование литейных цехов» студенты должны уметь:

- применять полученные теоретические знания и практические навыки при работе в сфере производства и в системе профессионального образования;
- использовать методики расчета отдельных узлов, машин и видов оборудования в производственной деятельности при решении организационных и инженерных задач.

При составлении учебного пособия использованы учебники и учебные пособия, не утратившие своей актуальности на современном этапе, в которых описываются конструкции машин и механизмов металлургического и литейного производств, а также материалы отечественных и зарубежных периодических изданий, проспектов и каталогов.

РАЗДЕЛ 1. ХРАНЕНИЕ, ПЕРЕРАБОТКА И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ И ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Глава 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

1.1. Порядок приготовления формовочной смеси

Для изготовления литейных форм и стержней применяется от 3 до 10 т (в среднем 5–6 т) формовочных материалов на 1 т годных отливок в зависимости от толщины стенок и конфигурации отливок. Это составляет около 50 % всех грузопотоков литейного цеха, поэтому механизации приготовления и транспортирования смесей следует придавать должное значение.

Формовочная смесь составляется из оборотной смеси и освежающих добавок, к которым относятся свежий песок, глина или бентонит и специальные добавки. Все эти компоненты, прежде чем поступить в смесители, должны быть предварительно подготовлены. Примерная схема приготовления формовочной смеси приведена на рис. 1.1.

Свежие пески просеивают через сита, имеющие достаточно крупные ячейки (3–5 мм и крупнее), для отделения гальки и посторонних тел. Обычно около 50 % кварцевых песков поступают в литейные цехи достаточно сухими и проходят через сито без предварительной сушки, а остальные 50 % могут иметь значительную влажность, и их приходится подвергать сушке перед просеиванием.

Каменный уголь, применяемый в качестве противопригарной добавки в формовочные смеси для чугунного литья при формовке по-сырому, вводят в смесь в тонко размельченном виде. Глину и бентонит в формовочные смеси также вводят в сухом размолотом виде или в виде суспензии. Для приготовления суспензии используют специальные агрегаты. Размельчение глины, как и угля, осуществляют в две ступени: сначала производят грубое измельчение, или дробление, а затем тонкое измельчение, или размалывание. Для дробления и размалывания угля и глины применяют одно и то же оборудование. Уголь сушить нельзя, так как из него будут

удаляться летучие вещества и он обесценится как противопригарная добавка. Поэтому для улучшения размельчения угля (и глины) в мельницах часто используют циркуляцию теплого воздуха с целью подсушки.

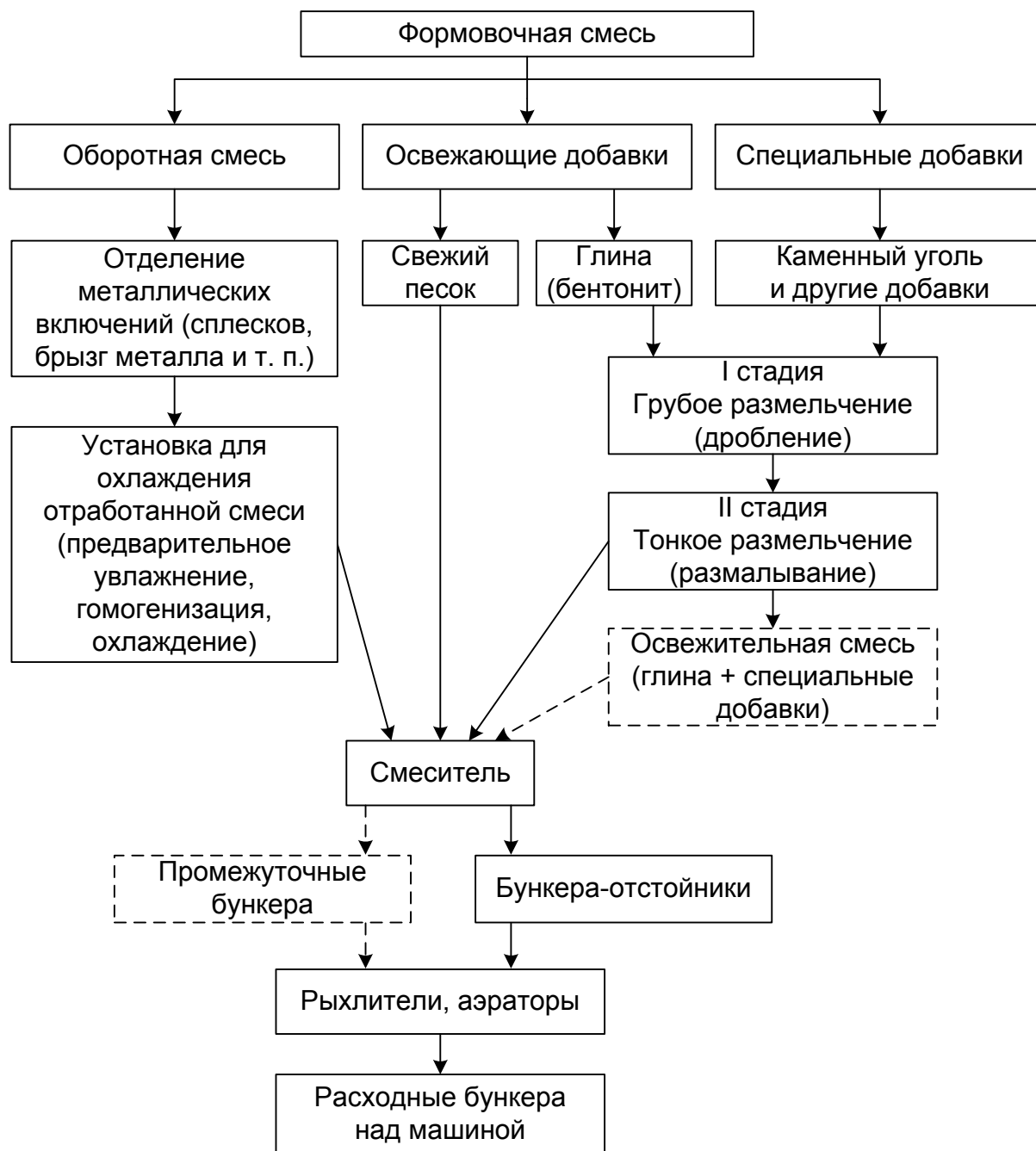


Рис. 1.1. Схема приготовления формовочной смеси

Приготовление отработанной формовочной смеси заключается в отделении от нее металлических включений (сплесков, брызг металла и т. п.) и в последующем просеивании через сито с ячейками 6–12 мм. В условиях

поточного, конвейерного производства отработанная формовочная смесь не успевает остывать и поступает в смесеприготовительное отделение с выбивной решетки со средней температурой 80–120 °С. Поэтому в современных литейных цехах смесеприготовительные системы для автоматических и поточных линий имеют в качестве обязательного звена установку для охлаждения отработанной смеси. Горячая отработанная смесь подвергается в ней предварительному увлажнению и гомогенизации, а затем интенсивно продувается воздухом. Вследствие испарения влаги смесь быстро охлаждается до температуры, близкой к комнатной.

Отмагниченная, просеянная и охлажденная отработанная смесь направляется в смеситель, куда подаются освежающие добавки: песок, глина, специальные добавки, а также вода. Для упрощения дозирования составных частей производят предварительное смешивание в отдельном смесителе свежих формовочных материалов: песка, глины, каменноугольной пыли. Получают так называемую освежительную смесь, которая затем смешивается с отработанной смесью для получения готовой рабочей смеси.

Влажность приготовленной формовочной смеси, как правило, неодинакова в разных частях ее объема. Выравнивание влажности происходит тем медленнее, чем мельче частицы смеси. Кроме того, более жирные песчано-глинистые смеси требуют большего времени для выравнивания влажности, чем смеси тощие. Выравнивание влажности готовой смеси происходит в бункере-отстойнике, емкость которого рассчитывается на 1–3-часовой запас смеси. После пребывания в бункерах-отстойниках смесь приобретает более высокую прочность, чем смесь, выпущенная из смесителя. В современных смесеприготовительных системах, обслуживающих автоматические линии, бункеров-отстойников, как правило, нет. Однако в них имеются достаточно емкие (80–100 м³) промежуточные бункера между смесителями и следующими за ними разрыхлителями, где приготовленная смесь вылеживается не менее 1 ч.

Заключительная операция приготовления формовочной смеси – аэрация (или рыхление), цель которой – придать смеси воздушность, что улучшает однородность уплотнения изготавливаемых из нее литейных форм и их газопроницаемость. После разрыхления готовая к употреблению смесь передается в расходные бункера над формовочными машинами.

Система приготовления и раздачи формовочной смеси при сырой формовке приведена на рис. 1.2.

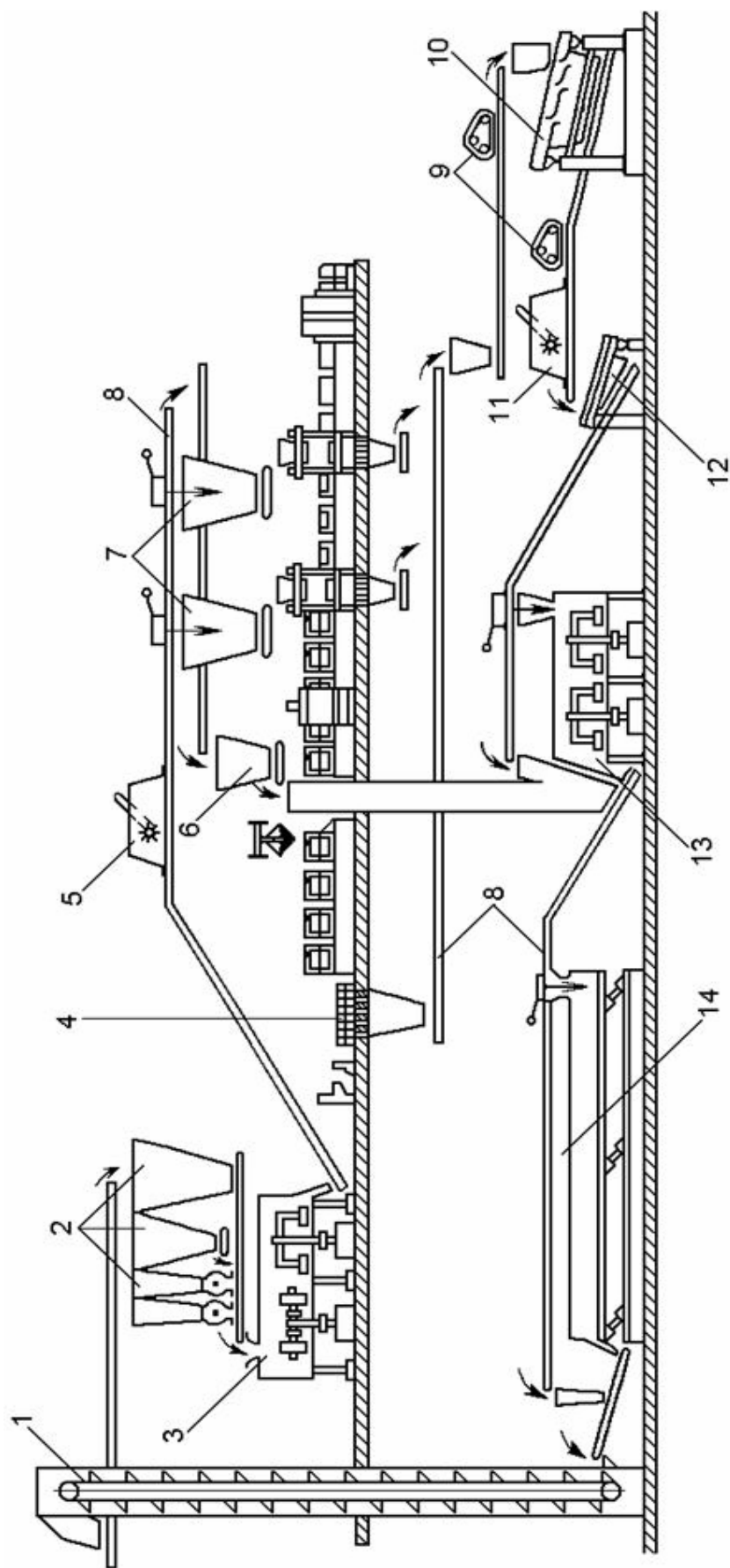


Рис. 1.2. Схема замкнутой транспортно-технологической системы смешеприготовления для сырой формовки:
1 – ленточный элеватор; 2 – бункера для компонентов смеси над бегунами; 3 – бегуны непрерывного действия; 4 – выбивная решетка с бункером; 5 – азратор для готовой смеси; 6 – бункер для излишков смеси; 7 – бункера над формовочными автоматами; 8 – системы ленточных конвейеров; 9 – магнитные железотделители; 10 – сито тонкой очистки; 11 – азратор для оборотной смеси; 12 – питатель; 13 – смешивающий охладитель; 14 – вибрационный охладитель

1.2. Смесеприготовительное отделение механизированного литейного цеха

В отделении приготовления формовочных материалов и смесей крупного механизированного литейного цеха находятся следующие участки и установки:

1. *Склад формовочных материалов*, на котором хранится запас песка, глины и добавок. Запас хранения составляет от 2 месяцев в южных районах страны до 4 месяцев и более в северных.

2. *Установки для предварительной обработки или приготовления свежих формовочных материалов* (песка, глины, угля и др.). Обычно эти установки размещают на складе формовочных материалов. При наличии на заводе нескольких литейных цехов делают общий базисный склад формовочных материалов, где производят их предварительную обработку; в отдельных литейных цехах имеются только небольшие промежуточные склады с небольшим запасом хранения материалов.

Для упорядочения снабжения цехов свежими формовочными материалами пески и глины следует добывать круглый год и доводить до кондиции на специальных обогатительных фабриках для регулярной доставки в литейные цеха с соответствующими паспортными данными. Эти материалы должны быть готовы для непосредственного ввода в формовочные и стержневые смеси. Такая организация смесеприготовительного и складского хозяйства существенно улучшает качество формовочных и стержневых смесей.

В качестве примера можно привести Волжский автомобильный завод, где применяются отмытые, высушенные и классифицированные свежие обогащенные пески. Такой песок доставляется в закрытых вагонах, а бентонит — в бумажных мешках. В цехе исключаются все операции по приготовлению песка.

3. *Центральная смесеприготовительная установка* (одна или несколько в цехе). В эту установку входит группа оборудования для предварительной обработки отработанной формовочной смеси и приготовления рабочей формовочной смеси, называемой *единой* (доля свежих материалов в единой смеси может быть 5–10 %). Вместе с транспортными устройствами для готовой смеси, литейных форм и отработанной смеси установка образует замкнутую систему, в которой циркулирует обратная формовочная

смесь. Эта система получает свежие формовочные материалы из установки для их приготовления, расположенной на складе.

В современных литейных цехах массового и крупносерийного производства с автоматическими литейными линиями обычно для каждой линии имеется своя индивидуальная смесеприготовительная установка и замкнутая смесеприготовительная система.

4. *Установка для приготовления стержневых смесей* (для получения стержневых смесей применяют, как правило, только свежие материалы), которую иногда используют для приготовления облицовочной смеси (доля свежих материалов в облицовочной смеси для среднего и мелкого чугуна может составлять 10–20 %; для крупного стального литья – до 60–80 и даже до 100 %). Она получает свежие материалы со склада формовочных материалов и выдает стержневые и облицовочные смеси в стержневое и формовочное отделения. Эта установка также может быть расположена на складе формовочных материалов.

1.3. Типовая механизация склада формовочных материалов

Типовой механизированный склад формовочных материалов представляет собой крытый и отапливаемый пролет здания цеха, обслуживаемый мостовым грейферным краном. Ширина пролета обычно составляет 24 м. Механизированный склад формовочных материалов устраивается или в самостоятельном пролете, или в одном пролете со складом шихты.

Подъездной железнодорожный путь обычно прокладывают внутри склада вдоль его длинной стены (рис. 1.3). Разгрузка материалов из вагонов производится в яму, устроенную вдоль пути, которая является частью склада сырого песка. Из разгрузочной ямы формовочные пески передаются грейферным краном в закрома, обычно углубленные в землю на 2,5–3 м. Высота хранения формовочных песчано-глинистых материалов в закромах составляет 5–8 м. Влажную глину транспортируют краном в опрокидывающихся коробах. К установке для предварительного приготовления свежих формовочных материалов они доставляются из закромов грейферным краном.

В целях экономии площади склада подъездной путь иногда прокладывают не внутри пролета склада, а снаружи, у стены. Вагоны в этом случае разгружают через люки в стене склада. Этот вариант менее удобен в эксплуатации.

Места хранения свежих песков на складе формовочных материалов могут быть сделаны в виде силосов диаметром 6–7 м и высотой 20–25 м, выполненных из листовой стали. Песок загружается в башни сверху с помощью ленточных транспортеров либо пневмотранспортом и выдается снизу на ленту транспортера или в систему пневмотранспорта.

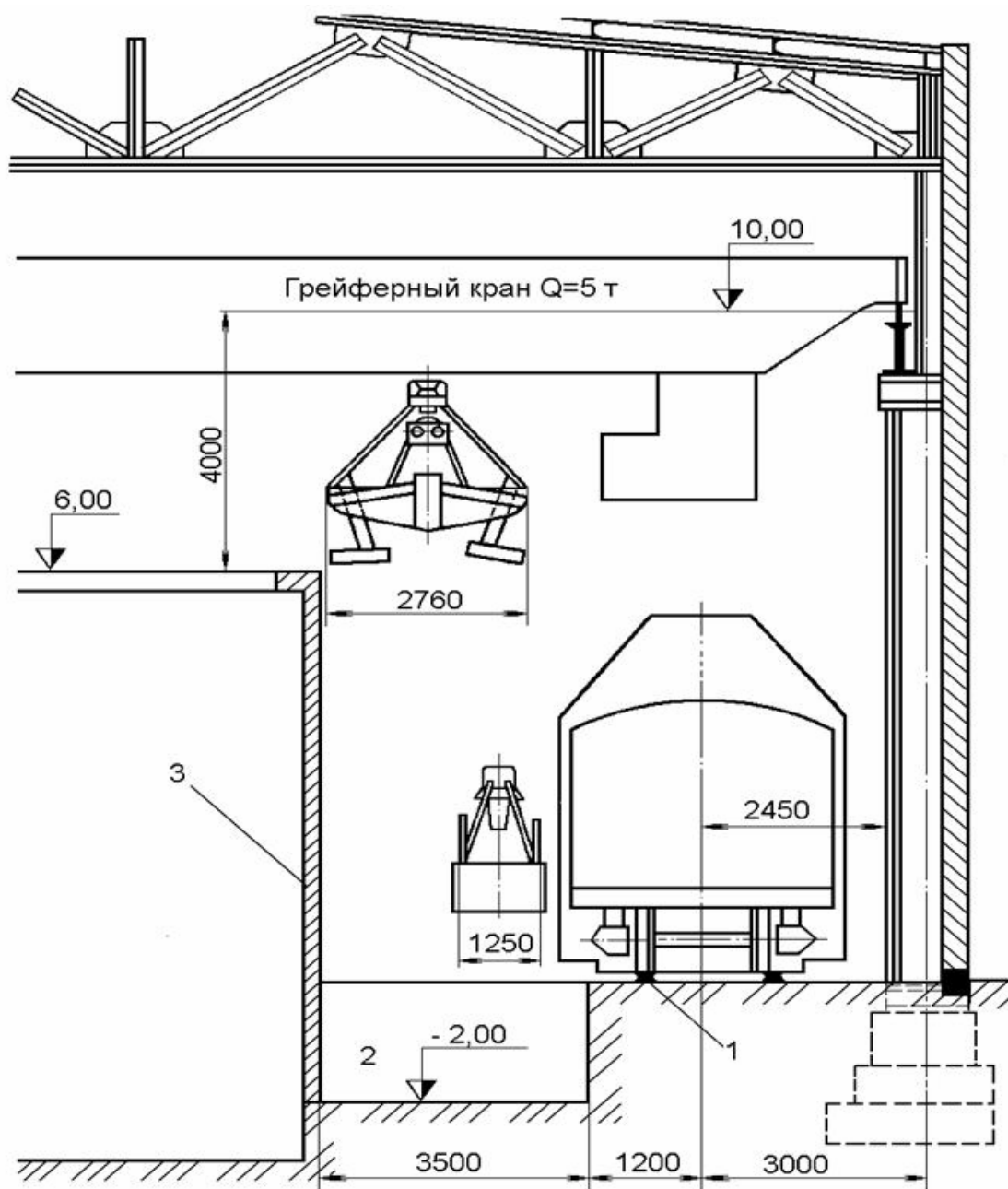


Рис. 1.3. Схема поперечного разреза склада исходных формовочных материалов при использовании односторонней разгрузки:

1 – железнодорожный путь; 2 – разгрузочная яма; 3 – железобетонные закрома

Разгрузка песка или сырой формовочной глины может производиться мостовым грейферным краном. Грейфер представляет собой подвешиваемый на кране раскрывающийся ковш, челюсти которого смыкаются и зачерпывают подлежащий перемещению сыпучий или кусковой материал либо с помощью особого замыкающего каната, либо с помощью электродвигателя, смонтированного на самом грейфере. По конструкции грейферы бывают одноканатные, двухканатные и моторные.

На рис. 1.4 показана схема приводного съемного грейфера, который может быть легко снят с крана и снова подвешен непосредственно на его крюк. Челюсти 1 грейфера замыкаются при подтягивании полиспаста 6 к барабану 7, приводимому в действие от электродвигателя, смонтированного на звене грейфера. Чаще всего ставят грейферы емкостью $1,5 \text{ м}^3$, грузоподъемность крана при этом составляет 5 т.

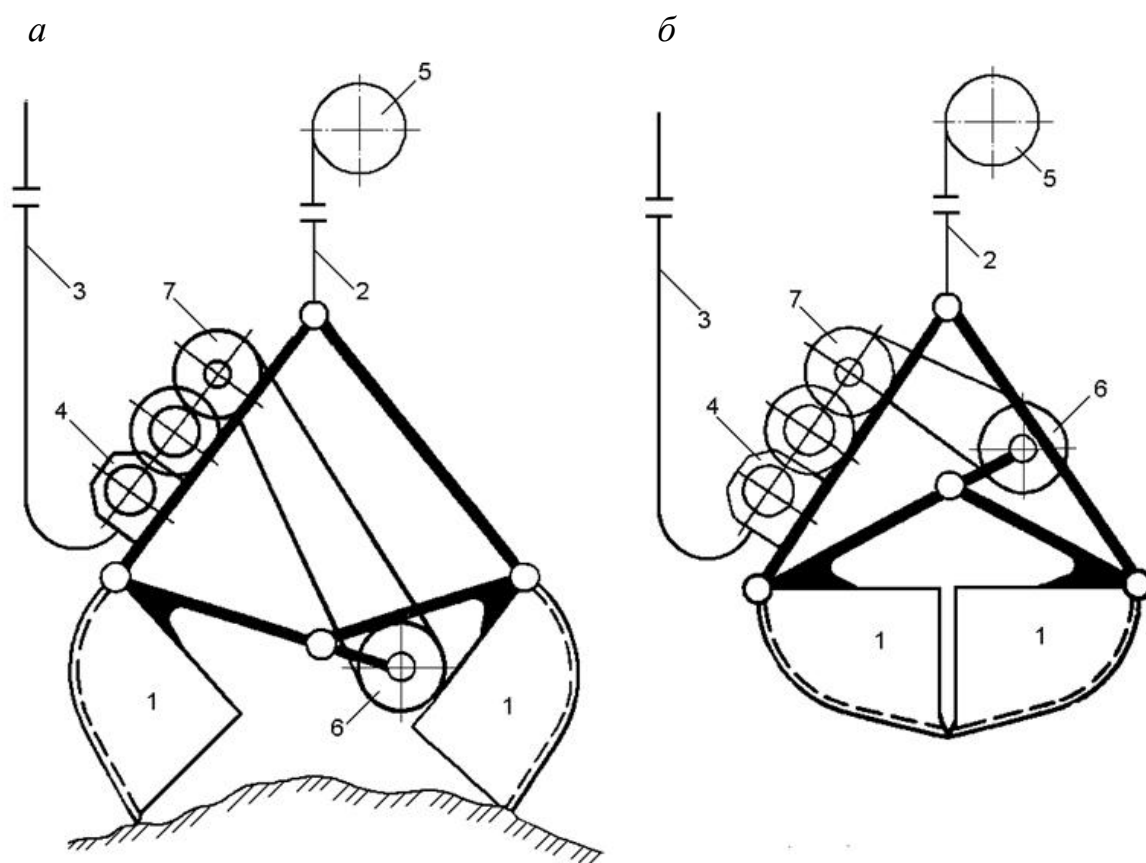


Рис. 1.4. Схема съемного грейфера:

- а* – зачерпывание материала; *б* – сомкнутый грейфер; 1 – челюсти грейфера;
 2 – подъемный канат; 3 – питающий (электрический) кабель; 4 – электродвигатель;
 5 – грузовой барабан тележки крана; 6 – подвижный полиспаст; 7 – барабан замыкающего механизма грейфера

Когда склад формовочных материалов располагается в одном пролете со складом шихтовых материалов и обслуживается одним мостовым краном, на крюк крана по очереди подвешивается то грейфер, то магнитная шайба (рис. 1.5). Магнитная шайба представляет собой электромагнит, который опускается на кучу материала. При включении тока куски материала притягиваются к шайбе. Затем шайба поднимается краном и вместе с материалом переносится к месту разгрузки. Там ток выключают, и куски материала падают вниз.

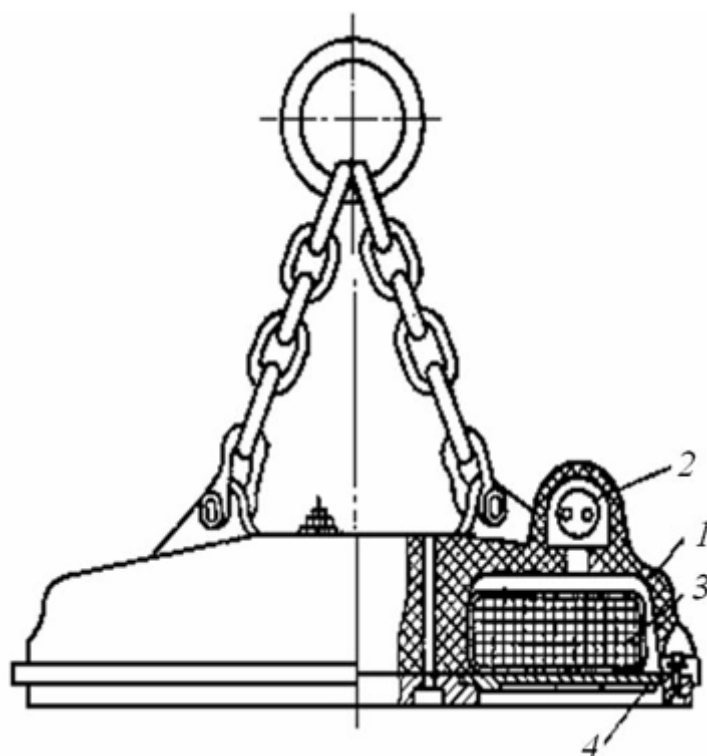


Рис. 1.5. Магнитная шайба:

1 – корпус; 2 – разъем; 3 – обмотка; 4 – плита из немагнитной стали

На корпусе шайбы имеется разъем для подвода тока к обмотке. Сердечником обмотки служит корпус шайбы. Снизу полость обмотки закрыта кольцевой плитой. Эту плиту делают из немагнитной марганцовистой стали для предупреждения замыкания через нее магнитного потока и для направления магнитных силовых линий в поднимаемый шайбой материал.

Подъемная сила магнитной шайбы зависит от магнитной проницаемости материала, который она поднимает, и пропорциональна квадрату этой величины. Поэтому подъемная сила магнитной шайбы больше для углеродистой стали, меньше для серого чугуна и равна нулю для аустенит-

ной стали. Для сплошных поднимаемых тел подъемная сила шайбы больше, для кусковых материалов меньше, а для стружки еще меньше вследствие ее более низкой объемной плотности.

Тележка мостового магнитного крана имеет дополнительный барабан для кабеля, спускающегося к магнитной шайбе и подводящего к ней постоянный ток. Этот барабан должен вращаться синхронно с основным грузовым барабаном тележки. Если необходимо часто пользоваться и магнитной шайбой, и грейфером (например, на крупном комбинированном складе шихты и формовочных материалов), то рационально применять кран с двумя тележками – одной для магнитной шайбы, а другой для грейфера.

1.3.1. Бункера для формовочных материалов

Бункером называют резервуар, в который материал поступает сверху, а выпускается через отверстие, находящееся внизу. Этим он отличается от закрома, в котором поступление и расход материала производятся сверху.

Форма бункеров разнообразна. Чаще всего их делают прямоугольного сечения, т. е. они имеют форму параллелепипеда, который в нижней части переходит в усеченную пирамиду. Применяют также бункера круглого и овального сечений. Стенки, или обшивку, бункеров делают из листовой стали и усиливают каркасом из уголков или других профилей.

Снизу бункер имеет отверстие для выдачи материала, в котором устанавливают:

- затвор, если нужно выдавать материал из бункера периодически и в том количестве, которое необходимо;
- питатель, если нужно выдавать материал непрерывно и равномерно по времени;
- дозатор, если выдача материала должна быть периодической, но каждый раз определенными порциями.

Емкость расходных бункеров у формовочных машин средних размеров чаще всего составляет 5–6 м³, у крупных – 9–12 м³, у малых – 2–3 м³. У стержневых машин устраивают бункера емкостью от 0,3 до 0,6–1 м³. В смесеприготовительных установках емкость бункеров для отработанной смеси над смесителями обычно составляет 10–25 м³ на 1–3-часовой запас. Емкость бункеров-отстойников – 50–120 м³.

Высота бункера обычно не превышает 2,5 наибольшего размера в плане. Поэтому при расчете давления боковое трение материала не учитыва-

ют, а вертикальное давление материала в бункере на горизонтальную площадку p_b принимают равным силе тяжести столба материала над этой площадкой:

$$p_b = h \cdot \gamma,$$

где h – глубина погружения площадки от уровня поверхности материала в бункере, м;

γ – объемный вес материала в бункере, Н/м³.

При определении давления формовочных материалов на стенки бункера можно считать материал, заполняющий бункер, сыпучим несвязным телом. Поэтому горизонтальное давление материала на вертикальные стенки бункера p_r можно определить по формуле

$$p_r = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \cdot h \cdot \gamma = m \cdot h \cdot \gamma = m p_b,$$

где m – коэффициент сыпучести, или подвижности, материала;

φ – угол внутреннего трения материала.

Горизонтальное давление материала на вертикальные стенки бункера равно коэффициенту сыпучести, или подвижности, материала m , умноженному на вертикальное давление на глубине h данной площадки под свободным уровнем засыпки материала в бункере.

На наклонные стенки бункера с углом наклона α к горизонту действуют как нормальное p_n , так и тангенциальное p_t давления материала (рис. 1.6).

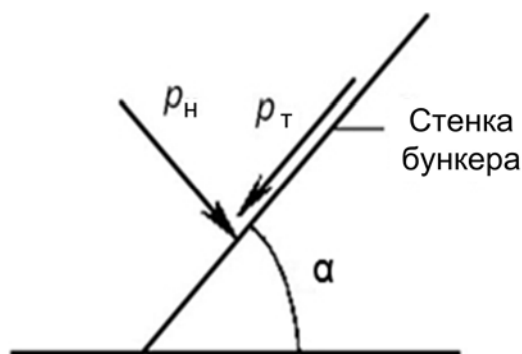


Рис. 1.6. Схема действия нормального и тангенциального давлений на стенку бункера

Для нормального и тангенциального давлений можно записать

$$p_n = h \cdot \gamma (\cos^2 \alpha + m \cdot \sin^2 \alpha); \quad (1.1)$$

$$p_t = h \cdot \gamma (1 - m) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha. \quad (1.2)$$

При расчете давления на затвор бункера по приведенным формулам получаются преувеличенные значения, так как сечение бункера вблизи разгрузочного отверстия сужается и возникает боковое сжатие материала. Поэтому давление на затвор рассчитывают по формуле Янсена для силосов

$$p = \frac{\gamma \cdot R}{m \cdot \operatorname{tg} \varphi},$$

где R – гидравлический радиус сечения отверстия (отношение площади сечения к периметру), м.

1.3.2. Предупреждение зависания материала в бункерах

К зависанию склонны влажные материалы, а также материалы, обладающие большой связностью (формовочные смеси). Зависание формовочной смеси в расходных бункерах над формовочными машинами вызывает простои и понижает производительность труда формовщиков.

Предупредить зависание можно двумя путями:

- 1) выбором геометрических размеров и формы бункера;
- 2) принятием специальных мер, препятствующих зависанию.

Зависанию способствует нормальное давление материала на стенку бункера, вызывающее трение материала о стенку. Противодействует зависанию тангенциальное давление, которое стремится сдвинуть материал по стенке по направлению к выходу из бункера.

Если взять наклонную стенку бункера, имеющую угол наклона к горизонту α , то отношение тангенциального давления p_t к нормальному p_n согласно формулам (1.1) и (1.2) составит

$$\frac{p_t}{p_n} = \frac{(1 - m) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\cos^2 \alpha + m \cdot \sin^2 \alpha}.$$

Очевидно, что зависание материала у данной стенки будет наименее вероятным при максимальном значении этого отношения. Взяв первую производную этого отношения по углу α и приравняв ее к нулю, получим, что максимум $\frac{p_t}{p_n}$ будет иметь место при

$$\alpha = \alpha_{\text{опт}} = 45 + \frac{\varphi}{2} = 9, \quad (1.3)$$

т. е. при оптимальном значении угла α , равном углу обрушения ϑ . Поэтому при проектировании бункера следует выбирать углы наклона его стенок по возможности не менее $\alpha_{\text{опт}}$ по формуле (1.3).

По эмпирическим данным угол наклона стенок бункера рекомендуется принимать равным $\varphi + (5 \div 10)^\circ$, а угол наклона ребер бункера к горизонту – $\rho_0 + (5 \div 10)^\circ$, где ρ_0 – угол трения материала о стенки бункера. Исходя из практики рекомендуются следующие минимальные значения углов наклона стенок бункера для формовочных материалов: для сухого песка – 45° , отработанной смеси – $50\text{--}55^\circ$, влажной формовочной смеси – $60\text{--}65^\circ$.

В расходных бункерах, имеющих в плане прямоугольное сечение, рекомендуется для уменьшения зависания формовочных смесей переднюю стенку делать вертикальной, а заднюю стенку устанавливать с наименьшим углом наклона к горизонту. Иногда две или даже три стенки в бункерах малой емкости делают вертикальными.

Значительно усиливает опасность зависания материалов коррозия стенок бункера. Поэтому желательно выполнять обшивку бункера из коррозионно-стойкого материала или применять защитные меры против коррозии стенок бункера:

- покрытие внутренней поверхности специальными лаками и облицовка синтетическими или нержавеющей материалами;
- использование бункеров с эластичными стенками, где материал – резиновая или синтетическая ткань, обладающая высокой прочностью и пластичностью. Для предотвращения зависания между стенками бункера и материалом вдувают воздух, уменьшая тем самым внешнее трение материала о стенки.

Вместо бункеров прямоугольного сечения рекомендуется применять бункера круглого сечения, конические или цилиндрические. Зависание в таких бункерах наблюдается значительно реже, так как они не имеют двугранных углов, в которых легче всего слеживается и зависает материал.

Для уменьшения опасности зависания материала выпускное отверстие бункера не должно быть маленьким. На основании практических данных рекомендуются следующие размеры выпускных отверстий для влажной формовочной смеси: в малых расходных бункерах – 400×400 мм, в больших расходных бункерах – 600×600 мм, для отработанной формовочной смеси – 500×500 мм.

Наименьшую сторону сечения выпускного отверстия можно определить по эмпирической формуле

$$a = k(D + 80) \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.4)$$

где k – опытный коэффициент, равный 2,6 для сортированного и 2,4 для обычного материала;

D – размер максимальных кусков материала, мм;

φ – угол внутреннего трения материала.

Формула (1.4) рекомендуется для $\varphi = 30 - 50^\circ$ (при $\varphi > 50^\circ$ в формулу подставляют значение $\varphi = 50^\circ$) и для D до 300 мм.

Наиболее действенной мерой борьбы с зависанием формовочных материалов в бункерах является установка вибратора на задней наклонной стенке бункера. Впервые этот способ был применен на Горьковском автозаводе и с тех пор широко используется в мировой практике. Вибратор ставят на расстоянии $\sim 0,3-0,4$ длины (высоты) задней стенки бункера или 1 м от выпускного отверстия бункера. На расходных бункерах с формовочной смесью ставят пневматические вибраторы с диаметром плунжера 40–60 мм. Направление ударов плунжера должно быть перпендикулярным к плоскости задней стенки бункера. Вибратор включается только при открывании затвора бункера, а при закрывании должен выключаться. Для этого пусковое устройство вибратора блокируется с механизмом затвора бункера.

1.3.3. Затворы, питатели, дозаторы

Затворы. *Затвор* – устройство для периодической выдачи материала из бункера в необходимом количестве. Затворы бывают секторные, челюстные и шибберные.

Секторный затвор представляет собой цилиндрическую задвижку, поворачивающуюся в шарнире вокруг нижней части коробки затвора (рис. 1.7, а). Открывание и закрывание затвора осуществляется вручную рычагом или с помощью пневмоцилиндра. Недостаток секторного затвора – смещение выпускаемой из бункера струи материала при открывании. Секторные затворы иногда применяют для крупных расходных бункеров, но в этом случае смесь спускается в опоку не непосредственно из бункера, а через отклоняющий наклонный лоток, обеспечивающий центральное наполнение опоки.

Челюстной затвор (рис. 1.7, б, в) состоит из двух цилиндрических секторных задвижек, соединенных между собой зацепляющимися зубча-

тыми секторами. Открывание и закрывание челюстей производится синхронно с помощью рычага или пневмоцилиндра (одного или двух). Челюстные затворы часто применяют для расходных бункеров над формовочными машинами. Такой затвор обеспечивает центральное наполнение опки смесью. Ход рычага у челюстного затвора приблизительно в 2 раза меньше, чем у секторного затвора.

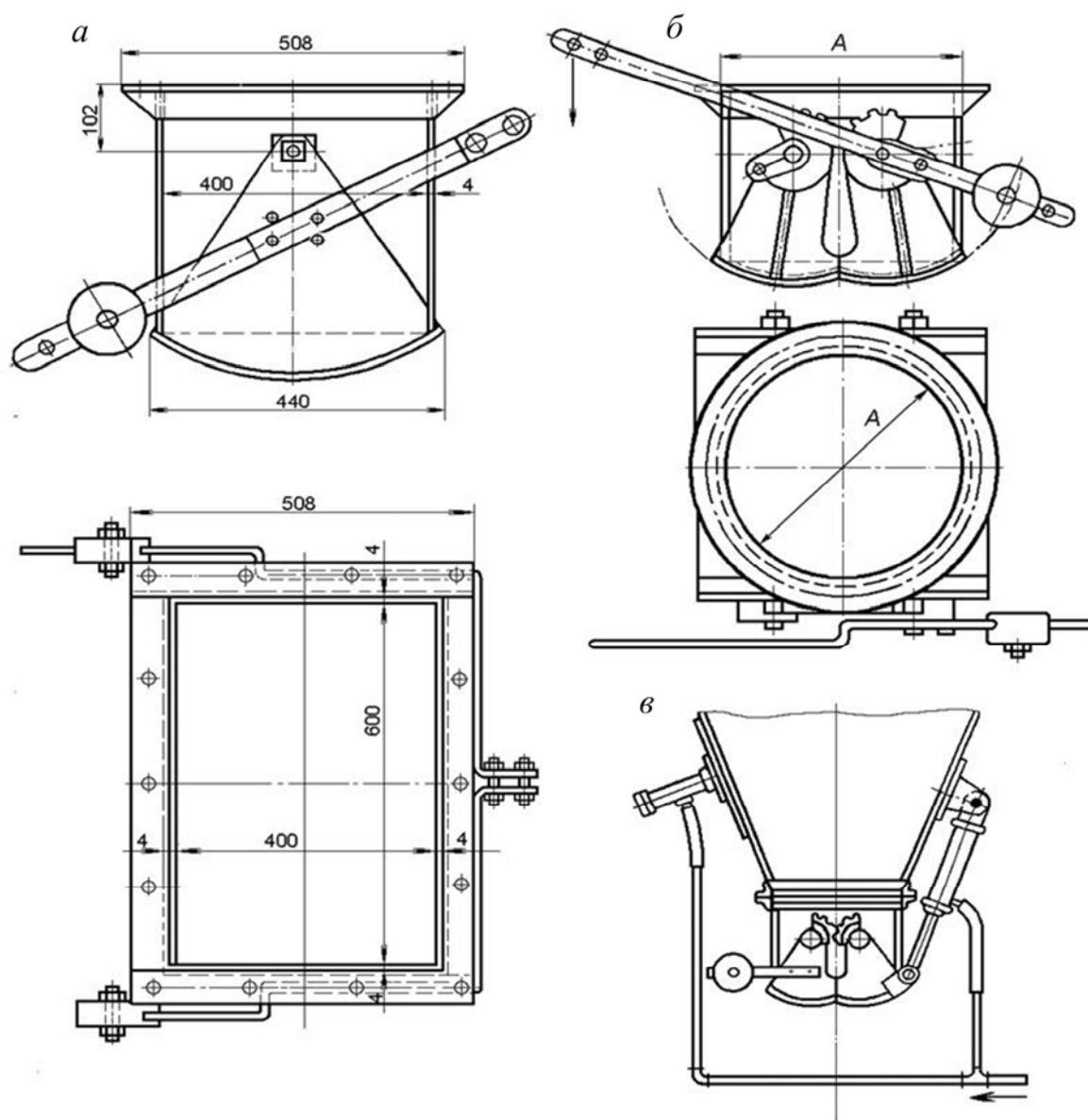


Рис. 1.7. Основные типы затворов:

a – секторный; *б* – челюстной с ручным управлением; *в* – челюстной механизированный

Шибберный затвор (рис. 1.8) – простейший затвор, представляющий собой горизонтальную плоскую заслонку, перекрывающую выпускное отверстие бункера и передвигающуюся на роликах с помощью одной или

двух зубчатых реек и цепного блока. Недостаток таких затворов – медленность открывания и закрывания, поэтому их ставят только у редко открываемых бункеров.

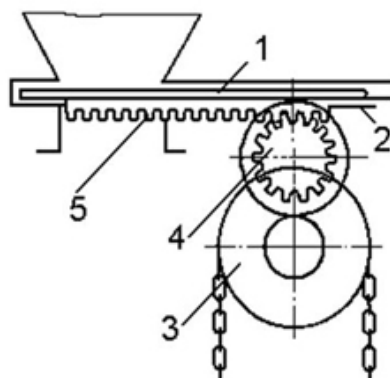


Рис. 1.8. Схема шибера затвора:

1 – плоская задвижка; 2 – плоские направляющие или ролики; 3 – цепной блок;
4 – шестерня; 5 – зубчатая рейка

Питатели. Для равномерного выпуска из бункера формовочных материалов и смесей применяются питатели. Наиболее распространены питатели, представляющие собой короткие конвейеры (ленточные, пластинчатые, винтовые, лотковые); типа барабанных (звездчатые или лопастные); в виде вращающегося диска (тарельчатые).

Ленточный питатель (рис. 1.9) представляет собой короткий ленточный транспортер. Он состоит из ленты (1) шириной 1000–1200 мм, приводного (2) и натяжного (3) барабанов, поддерживающих роликов (4). Количество выдаваемого материала регулируется заслонкой (5) в передней стенке бункера. Ленточный питатель прост по устройству и надежен в эксплуатации.

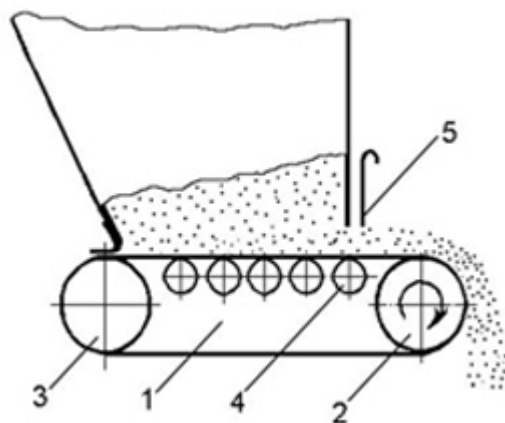


Рис. 1.9. Схема ленточного питателя

Пластинчатый питатель (рис. 1.10) представляет собой короткий пластинчатый конвейер, включающий полотно, состоящее из металлических пластин, зазоры между которыми перекрываются для предотвращения просыпания материала. Подача пластинчатым питателем определенного количества сыпучего или мелкокускового материала (как правило, имеющего повышенную температуру) в единицу времени регулируется заслонкой в передней стенке бункера. Ширина настила типовых пластинчатых питателей – 630 и 800 мм; высота бортов – 125 мм; скорость питателей – 0,16 м/с; коэффициент заполнения сечения транспортируемым материалом – 0,5–0,8.

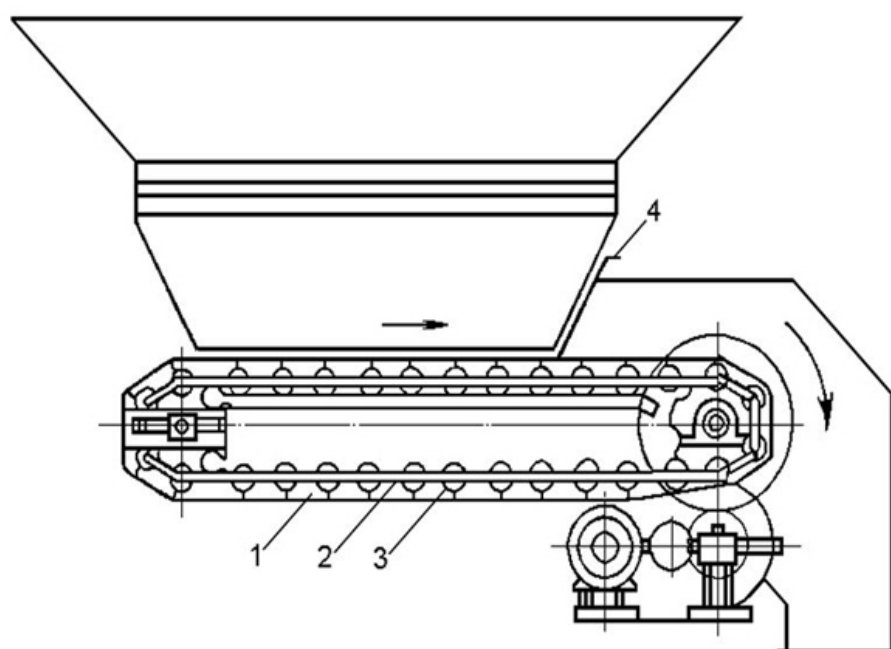


Рис. 1.10. Схема пластинчатого питателя:

1 – полотно из металлических пластин; 2 – тяговые цепи; 3 – ролики;
4 – регулирующая заслонка

Винтовой (шнековый) питатель (рис. 1.11) имеет несколько различных конструкций. Он состоит из желоба и одного, двух или нескольких горизонтально расположенных винтов. Такая конструкция обеспечивает перемещение материала по всему сечению дна бункера, что исключает его зависание. В конце винта находятся несколько витков, выполненных в обратном направлении, для предохранения выходного отверстия от забивания материалом. Количество выдаваемого материала регулируется частотой вращения винта. Винтовые питатели применяются преимущественно

для свежих формовочных материалов. Они менее надежны в работе, чем питатели других типов, ввиду быстрого изнашивания винта.

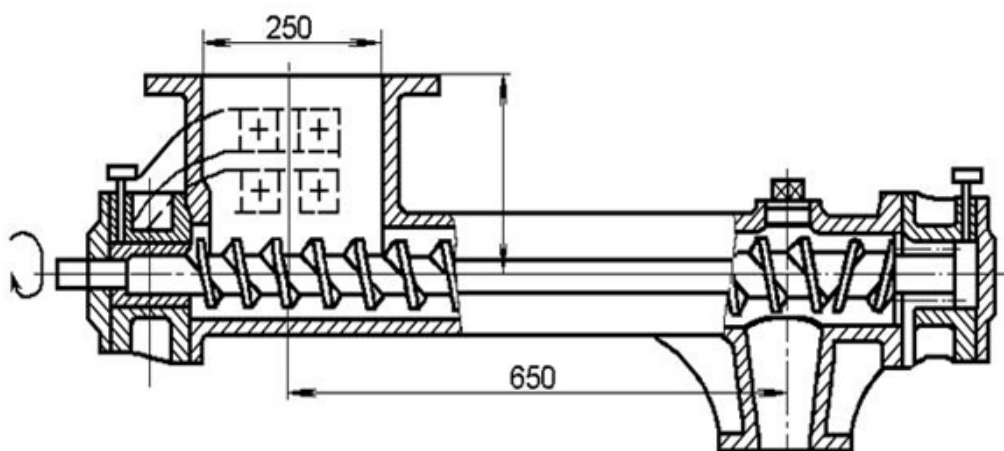


Рис. 1.11. Схема винтового (шнекового) питателя

Лотковый питатель (вибрационный желоб) работает по принципу встряхивающего желоба и приводится в движение с помощью электромагнитного вибратора, сообщаящего ему колебания с частотой 3000 в минуту и амплитудой ~ 2 мм (рис. 1.12). Во время хода вперед желоб на пружинящих брусках поднимается, поэтому материал прижимается ко дну желоба и перемещается вместе с ним. При ходе назад материал по инерции проскальзывает в желобе в направлении транспортирования. Желоб при этом опускается, что способствует меньшему сцеплению материала с ним. Такие желоба пригодны для передачи только сухих и однородных материалов.

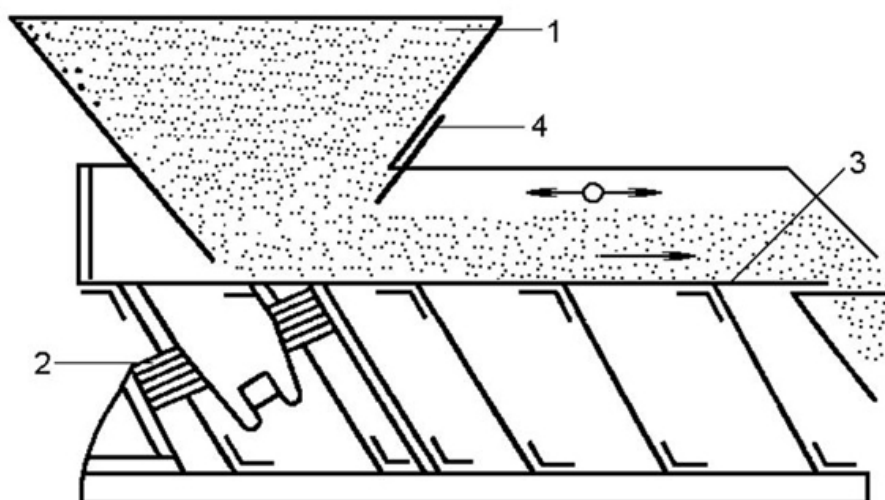


Рис. 1.12. Схема лоткового (вибрационного) питателя:

1 – бункер; 2 – вибратор; 3 – днище лотка; 4 – заслонка

Лопастной питатель (рис. 1.13) представляет собой корпус 1 в виде барабана, внутри которого вокруг горизонтальной оси вращается ротор с лопатками 2. Изменением частоты вращения ротора можно регулировать количество выдаваемого из бункера 3 материала.

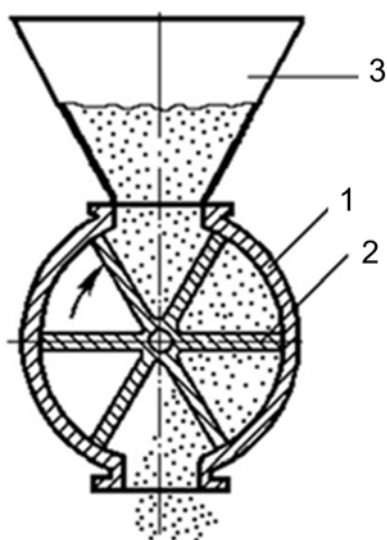


Рис. 1.13. Схема лопастного питателя

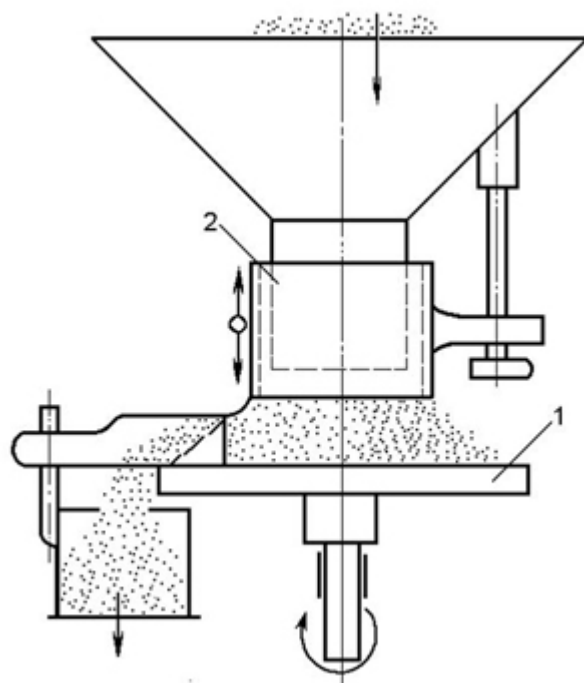


Рис. 1.14. Схема тарельчатого питателя

Тарельчатый питатель (рис. 1.14) представляет собой вращающийся на вертикальной оси диск 1. Из выпускного отверстия бункера материал

высыпается на диск, располагается на нем в виде усеченного конуса, образующая которого наклонена к горизонтали под углом внутреннего трения материала, снимается с него скребком и направляется в приемное устройство. Подача регулируется установкой скребка, а также подниманием и опусканием телескопического прорезиненного патрубка, или уплотнительной манжеты 2, что изменяет высоту насыпания материала на диск и предотвращает просыпание материала с диска.

Производительность питателя регулируется перемещением манжеты по вертикали, изменением положения скребка относительно диска, а также скоростью вращения диска.

Тарельчатые питатели устанавливают под бункерами большой емкости. Наиболее часто применяются питатели диаметром 1,5 и 2,0 м.

Дозаторы. Это устройства, служащие для точного дозирования заданного количества компонентов сухих и жидких формовочных материалов и смесей. Различают дозаторы объемные и весовые.

Объемные дозаторы могут быть непрерывного и периодического действия. Заданное количество компонента у *дозаторов непрерывного действия* определяется временем выдачи или частотой вращения вала дозатора. У *дозаторов периодического действия* заданное количество сухого компонента определяется их вместимостью. Функции объемных дозаторов непрерывного действия могут выполнять рассмотренные выше питатели. Объем дозы в этом случае определяется длительностью работы дозатора, например, с помощью реле времени.

Объемные дозаторы непрерывного действия с дозировкой материала по времени легче встраиваются в автоматический цикл работы установки. Их наибольшее распространение получили тарельчатые, многошнековые и ленточные как наиболее надежные.

К объемным дозаторам периодического действия относятся бункерные, коробчатые, поворотные, шибберные.

Бункерный дозатор (рис. 1.15) представляет собой бункер малой вместимости, равный по объему отмериваемой дозе и установленный под основным бункером. Затворы основного бункера и бункера-дозатора сблочены между собой. При открывании челюстного затвора основного бункера материал пересыпается в малый бункер. Затем затвор основного бункера закрывается и открывается затвор бункера-дозатора. Недостатком бун-

кернаго дозатора является то, что он требует значительного места по высоте для своего размещения над установкой, потребляющей данный материал.

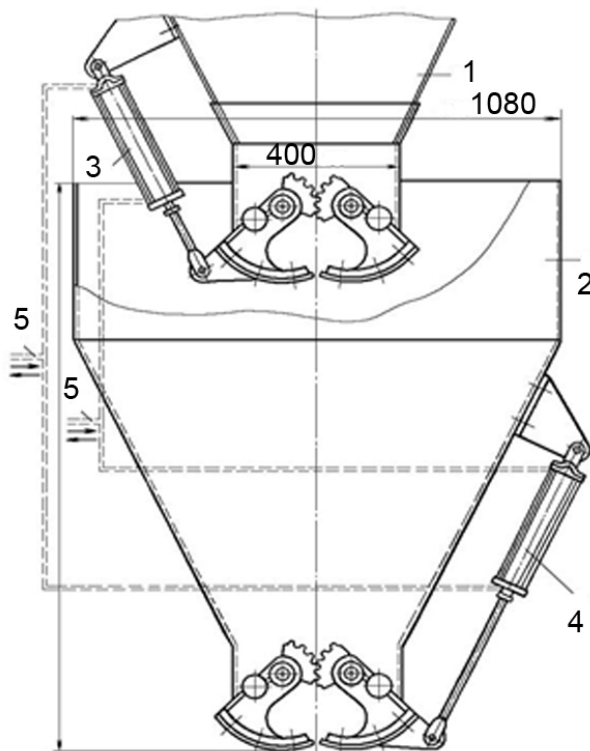


Рис. 1.15. Схема челюстного бункерного дозатора:

1 – основной бункер; 2 – бункер-дозатор; 3 – пневмоцилиндр бункера;
4 – пневмоцилиндр бункера-дозатора; 5 – подвод сжатого воздуха

Коробчатый дозатор представляет собой коробку, находящуюся под бункером и передвигаемую от него к месту разгрузки пневмоцилиндром (рис. 1.16, а). Дном коробки является неподвижная плита, по которой коробка передвигается на колесах. Для изменения объема коробки (объема дозы) задняя стенка ее может переставляться зубчатой рейкой от маховика. При перемещении коробки со смесью для разгрузки отверстие бункера перекрывается заслонкой 14.

Вариантом коробчатого дозатора, предназначенным для дозированного заполнения полуформ формовочной смесью, является дозатор с жалюзийным затвором (рис. 1.16, б). Он состоит из дозирующей коробки 4, жестко связанной с горизонтальной плитой 2, имеющей отверстие 5, и перемещается в горизонтальном направлении приводом 3. В донной части коробки встроены пластины 6, которые перед заполнением полуформы смесью из бункера 1 принимают горизонтальное положение, а на позиции

разгрузки – вертикальное. Над опокой 9 установлен жалюзийный разрыхлитель, состоящий из короба 7 и разрыхлителей 8. При работе дозирующая коробка 4 устанавливается под бункер, а после заполнения перемещается пневмоцилиндром вправо. На позиции засыпки пластины поворачиваются в вертикальное положение с одновременным включением в работу разрыхлителей. На валу каждого разрыхлителя находится несколько рядов перпендикулярно направленных пальцев-пластин. Каждый разрыхлитель вращается по отношению к соседнему в противоположном направлении. Благодаря такому встречному вращению смесь хорошо разрыхляется, аэрируется и выбрасывается в опоку, заполняя ее.

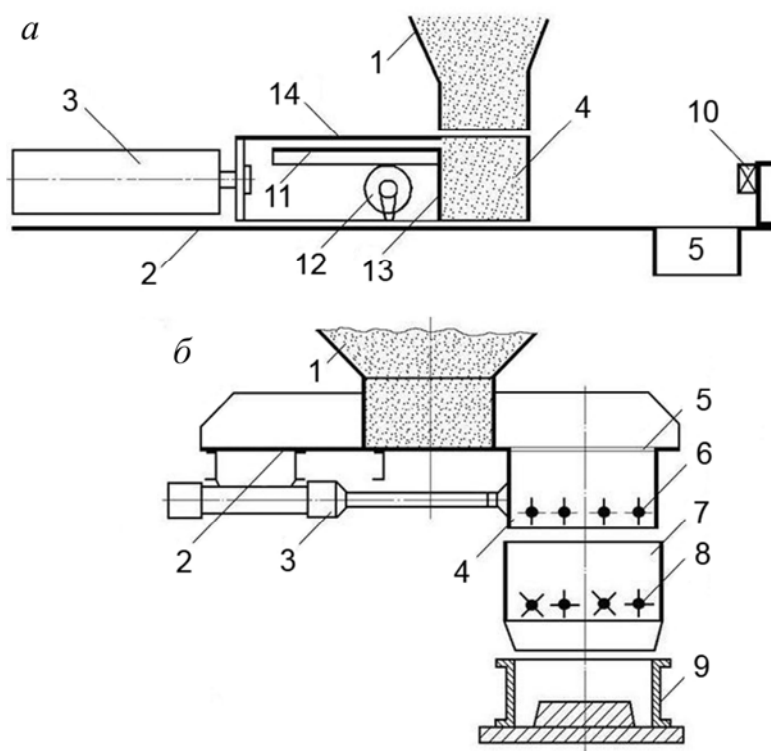


Рис. 1.16. Схемы коробчатых дозаторов:

- а* – пневматический тележечный дозатор; *б* – жалюзийный дозатор;
 1 – бункер; 2 – горизонтальная плита; 3 – привод (пневмоцилиндр); 4 – дозирующая коробка; 5 – отверстие; 6 – поворотные пластины; 7 – промежуточный короб;
 8 – разрыхлители; 9 – опока с моделью; 10 – упор; 11 – зубчатая рейка; 12 – ручной маховик; 13 – подвижная задняя стенка коробки; 14 – заслонка

Поворотный дозатор (рис. 1.17) состоит из поворотного короба 1 и пневмоцилиндра 2. Дозатор обеспечивает достаточно точное дозирование, доза определяется объемом короба. При перемещении короба с дозой материала отверстие бункера перекрывается стенкой короба.

Шиберный дозатор (рис. 1.18) представляет собой трубу прямоугольного сечения 1 и два шибера 2, которые перемещаются пневмоцилиндрами 3. Доза определяется объемом трубы, заключенным между шиберами.

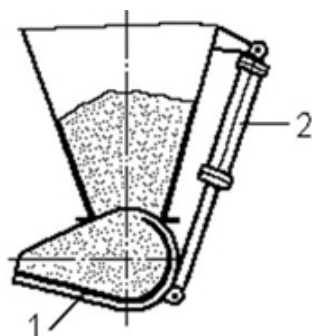


Рис. 1.17. Схема поворотного дозатора

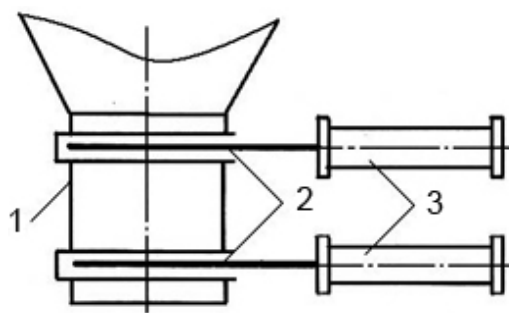


Рис. 1.18. Схема шиберного дозатора

Весовые дозаторы бывают периодического и непрерывного действия. Весовые дозаторы периодического действия конструктивно представляют собой обычные рычажные весы. Рычажная весовая система связана с циферблатным указателем, на котором фиксируется доза материала. Точность дозирования весовых дозаторов выше, чем объемных, но они менее надежны. Весовые дозаторы непрерывного действия сочетают в одном агрегате устройство для взвешивания и регулирования подачи материала. Их применяют в основном в автоматизированном производстве.

1.4. Оборудование для подготовки отработанной формовочной смеси

1.4.1. Электромагнитные железоотделители

Для отделения металлических ферромагнитных частиц (застывших брызг металла, шпилек и пр.) от отработанных формовочных смесей применяют шкивные, барабанные и подвесные электромагнитные железоотделители.

Шкивной железоотделитель (рис. 1.19) представляет собой вращающийся многополюсный электромагнит. Он устанавливается в качестве ведущего барабана на ленточном конвейере. При движении по конвейеру отработанная формовочная смесь свободно переваливается через барабан, а магнитные включения притягиваются к ленте конвейера, перемещаются вместе с ней и отрываются от нее на нижней части ветви, когда действие магнитного поля ослабевает.

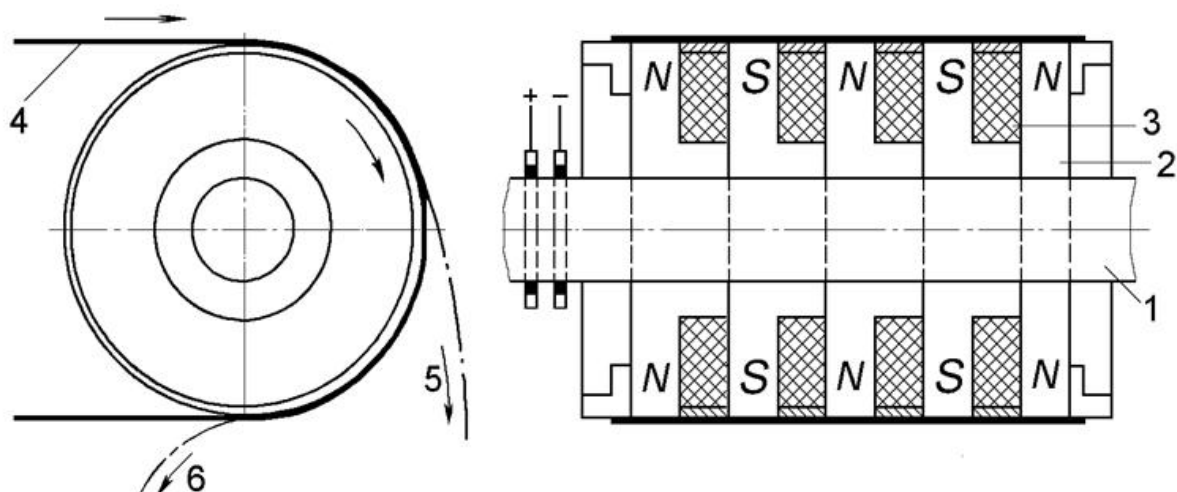


Рис. 1.19. Схема шкивного железоотделителя:

1 — вал барабана; 2 — сердечник; 3 — катушка; 4 — лента конвейера; 5 — немагнитный материал (отработанная формовочная смесь); 6 — магнитные включения

Магнитная система железоотделителя состоит из колец (сердечников) из легированной стали, насаженных на вал, и намотанных на них катушек. Направления намотки витков, а следовательно, и тока в катушках чередуются (например, в первой катушке — по часовой стрелке, во второй — против часовой стрелки, в третьей — опять по часовой стрелке и т. д.). Такая намотка обеспечивает полярность сердечников, намеченную на рис. 1.19. Система получается многополюсной, магнитные потоки пронизывают материал в нескольких местах по ширине ленты. Катушки пропитывают и заливают теплопроводящим изолирующим составом. Для предохранения от повреждений их закрывают латунными кольцами. Постоянный ток, получаемый от динамомашины, приводимой в действие от того же электродвигателя, который вращает приводной барабан, подводят к катушкам с помощью двух коллекторных колец и щеток.

Барабанный железоотделитель (рис. 1.20) состоит из вращающегося полого латунного барабана (или барабана из другого немагнитного мате-

риала) и неподвижной магнитной системы, находящейся внутри него. Отработанная формовочная смесь подается по желобу сверху. Магнитный материал отклоняется от общего потока и отрывается от барабана лишь внизу, где ослабевает его магнитное поле.

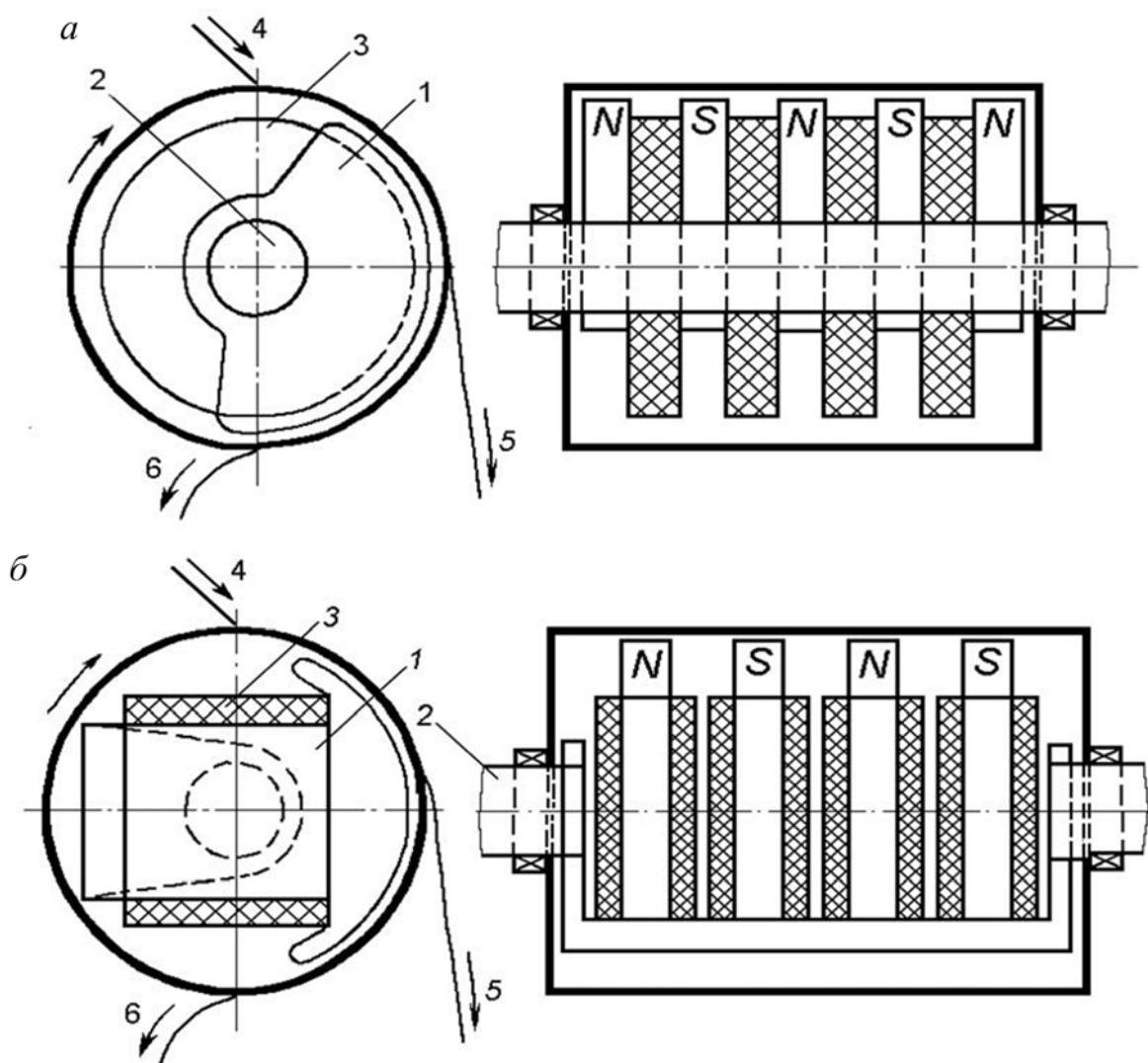


Рис. 1.20. Схемы барабанных железоотделителей с осевым (а) и поперечным (б) расположением катушек:

1 – сердечник; 2 – ось; 3 – катушки; 4 – подача отработанной смеси;
5 – немагнитный материал; 6 – магнитные включения

Магнитная система барабанных железоотделителей выполняется в двух вариантах (см. рис. 1.20, а, б). В первом варианте катушки надеты на ось барабана, во втором они расположены по диаметрам барабана. Магнитная система второго варианта позволяет получить при одном и том же диаметре барабана более сильное поле (разместить большее число витков обмотки).

Барабанные железоотделители обычно бывают меньшей производительности и поэтому имеют поле меньшей напряженности, чем шкивные. Кроме того, шкивные железоотделители удобны тем, что они легко включаются в смесеприготовительную систему в качестве ведущих барабанов ленточных конвейеров для отработанной смеси и не требуют лишнего места и дополнительных питателей. Барабанные же железоотделители обычно делают со встряхивающими лотковыми питателями и чаще всего применяют как передвижные машины в литейных цехах единичного литья.

Подвесной магнитный железоотделитель (рис. 1.21) представляет собой короткий ленточный транспортер, который устанавливают на высоте 150–200 мм над лентой с отработанной формовочной смесью в перпендикулярном к ее движению направлении. Между верхней и нижней ветвями железоотделителя имеется прямоугольная магнитная шайба, которая выбирает из отработанной смеси металлические магнитные частицы, выносимые лентой железоотделителя в сторону. Ленту железоотделителя выполняют с поперечными ребрами из профильной поперечно-ребристой штампованной резины.

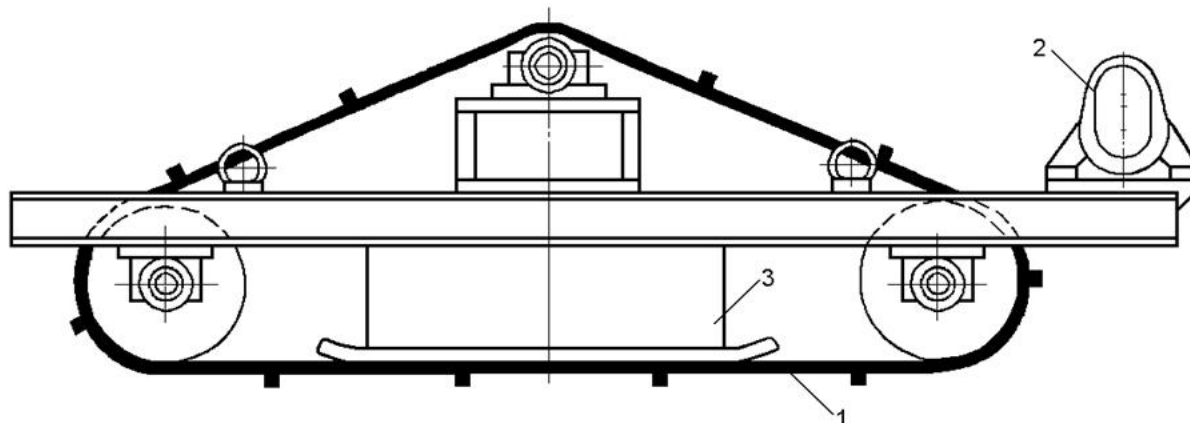


Рис. 1.21. Схема подвесного магнитного железоотделителя:

1 – лента магнитного железоотделителя; 2 – электродвигатель; 3 – магнитная шайба

Подвесные железоотделители могут быть установлены в любом месте над ленточным конвейером отработанной формовочной смеси в дополнение к магнитному шкиву, обычно имеющемуся на приводном конце конвейера. Они позволяют более эффективно отделять отработанную формовочную смесь от магнитных включений, что очень важно в условиях работы современных автоматических литейных линий.

1.4.2. Сита

Сито – это устройство для разделения по фракциям измельченного сыпучего материала, проходящего через отверстия жесткой плоскости.

При просеивании зернистого материала не все зерна с размерами меньше отверстий сита успевают пройти сквозь отверстия. Эффективность просеивания оценивается отношением

$$\varepsilon = \frac{m}{m_0},$$

где m – масса зерен, прошедших сквозь сито;

m_0 – масса зерен, которые по своим размерам могли бы пройти сквозь данное сито;

ε – коэффициент полезного действия просеивания (для сит разных видов различен).

Основным фактором, влияющим на ε , является направление движения просеивания материала относительно полотна сита. Наиболее благоприятно для просеивания направление движения материала, перпендикулярное к полотну сита. Тогда зерна имеют наибольшую возможность проникать сквозь отверстия сита. Наихудший случай – движение материала в направлении вдоль полотна сита, особенно если движение зерен происходит с большой скоростью. Наиболее неблагоприятные условия будут, если размер зерна приближается к размеру отверстия (так называемые трудные, или предельные, зерна). Ввиду этого рационально, в особенности для тонкого просеивания, применять сита с прямоугольными или овальными отверстиями, располагая отверстия большого размера в направлении движения материала по ситу.

По конструкции сита разделяют на плоские, барабанные и вибрационные. Плоские механические сита могут быть горизонтальными и наклонными. Барабанные сита – цилиндрические, конические и пирамидальные, причем все они могут быть как горизонтальными, так и наклонными.

В литейных цехах для просеивания свежего песка и отработанных формовочных смесей наибольшее распространение получили плоские механические, барабанные пирамидальные и вибрационные сита.

Плоское механическое сито. Такое сито состоит из рамы 1, корпуса 3 с укрепленными на нем решеткой 2 и эксцентриковым валом 4 (рис. 1.22).

Корпус представляет собой жесткую сварную конструкцию, лежащую на четырех резиновых амортизаторах 5, которые установлены на раме. Эксцентриковый вал установлен в роликовых подшипниках.

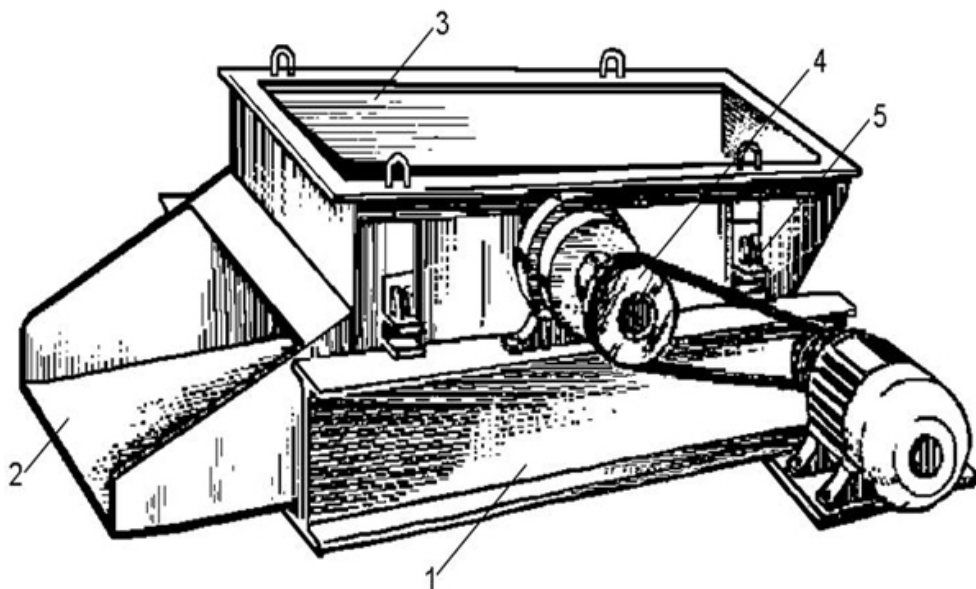


Рис. 1.22. Плоское механическое сито

Решетка сита представляет собой металлический лист с просверленными в шахматном порядке отверстиями диаметром 10–20 мм. Угол наклона сита регулируется в пределах 8–14° в зависимости от количества комьев в просеиваемом материале посредством перестановки на корпусе кронштейнов амортизаторов. Его выбирают таким образом, чтобы во избежание самопроизвольного скольжения материала он был меньше угла трения материала по лотку.

Просеивание сыпучих материалов происходит благодаря сложному движению сита относительно материала, вызываемому вращением эксцентрикового вала с амплитудой 5–6 мм.

Наиболее благоприятная скорость для просеивания на плоском горизонтальном сите

$$v = 2,36\sqrt{d},$$

где d – диаметр наибольшей части просеиваемого материала; $d \approx 0,8 D$, м (D – диаметр отверстия в сите).

При плоских наклонных ситах скорость просеивания меньше $2,36\sqrt{d}$. С целью повышения коэффициента эффективности просеивания отверстия

в полотне сита выполняют овальной формы, располагая отверстия большего размера в направлении движения материала.

Барабанные сита. Барабанные сита подразделяются на цилиндрические (рис. 1.23, а) и конические (рис. 1.23, б, в). Они бывают круглого сечения (рис. 1.23, г) и многогранного (рис. 1.23, д). Последние называют *полигональными*. Обычно производительность полигональных сит выше, чем круглых, так как при вращении материал, пересыпаясь с грани на грань, ударяется и быстрее просеивается. Полигональные сита применяют для просеивания отработанных формовочных смесей, а также свежих песков. В литейных цехах они получили наибольшее распространение.

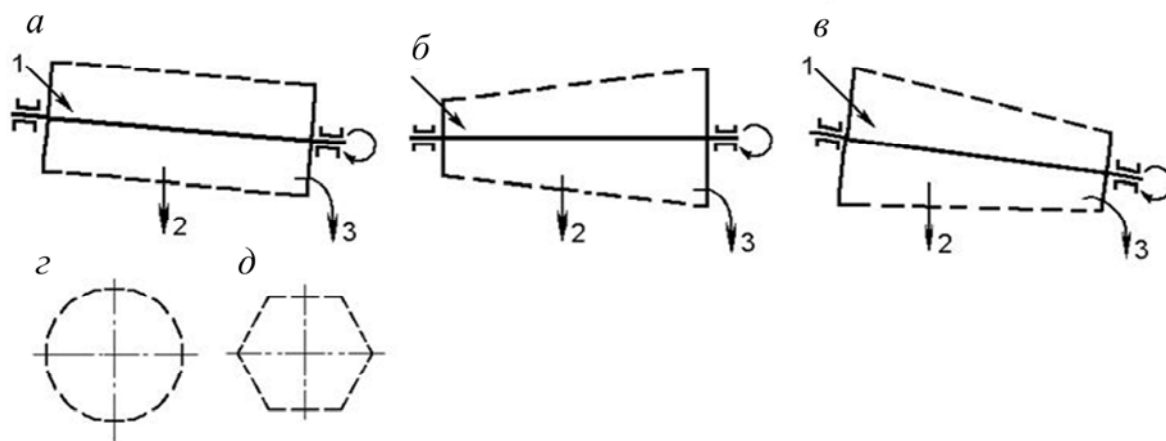


Рис. 1.23. Разновидности барабанных сит:

1 – загрузка материала; 2 – выход материала; 3 – отходы

Основные узлы барабанного полигонального сита – привод 1 и рама 2, на которой смонтирован восьмигранный пирамидальный барабан 3, закрытый кожухом 4 (рис. 1.24). Грани барабана выполнены в виде сменных полотен сита. С торцов барабан открыт. К барабану крепят приемную воронку 5 для поступающего материала и патрубков для присоединения вытяжной вентиляции цеха. В стенках кожуха имеются закрывающиеся крышки – окна для смены полотен сита. Конструкция сита позволяет при необходимости установить внутри барабана дополнительный барабан (набранный из прутков) для предварительного отбора крупных комьев, которые могут порвать полотно сита.

Подлежащий просеиванию сыпучий материал непрерывно поступает с ленточного конвейера б через приемную воронку 5 внутрь вращающегося барабана (через малый его торец). Внутри барабана материал пересыпаясь

ется с грани на грань, при этом мелкие частицы просеиваются и падают вниз. Часть крупных комьев разбивается и также просеивается. Уцелевшие комья скатываются к большому торцу барабана и выпадают из него в специальный бункер.

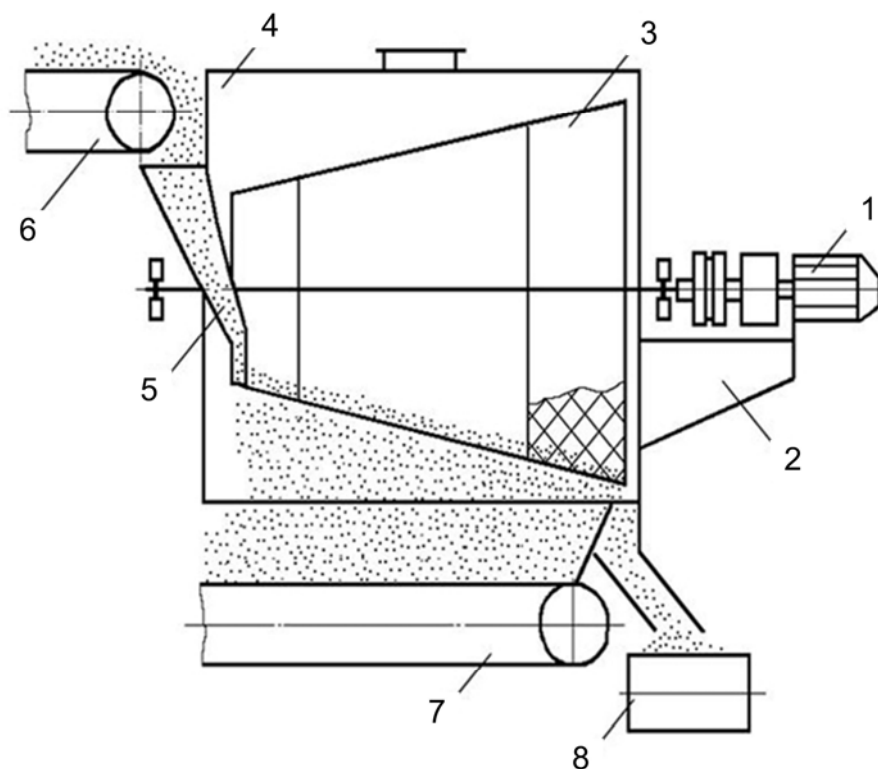


Рис. 1.24. Схема сита барабанного полигонального:

1 – привод; 2 – рама; 3 – барабан; 4 – кожух вытяжной; 5 – воронка загрузочная;
6 – конвейер подачи смеси; 7 – конвейер отвода просеянной смеси;
8 – конвейер отвода отходов

Размеры ячеек барабанных сит для отработанной смеси – 10–20 мм по ширине и 20–50 мм по длине. Основное преимущество этих сит – надежность в эксплуатации, а недостаток – громоздкость.

Частоту вращения барабана, при которой материал не прижимается к стенкам, а производительность максимальна, находят по формуле

$$n = \frac{0,17 \div 0,25}{\sqrt{R}},$$

где R – радиус вписанной окружности барабана, м.

Барабанные сита могут быть с цилиндрическим (см. рис. 1.23, а) или коническим (см. рис. 1.23, б, в) барабаном с сетчатой боковой поверхностью, вращающейся около горизонтальной (б) или слегка наклонной (в) оси.

Цилиндрические сита делают с наклонной осью и монтируют на валу либо на бандажах, вращающихся на роликах. Большие цилиндрические сита имеют регулируемый угол наклона оси для изменения скорости движения материала вдоль сита в зависимости от его способности просеиваться.

Конические сита ставят на горизонтальной оси с питанием в узкий конец барабана (см. рис. 1.23, б) либо на наклонной оси с питанием в широкий конец (см. рис. 1.23, в). Последняя схема рациональнее, так как через широкий конец барабана проходит наибольший поток материала, вследствие чего использование просеивающей поверхности сита наилучшее. При заданной производительности диаметр сита, представленного на рис. 1.23, в, должен быть меньше, чем диаметр сита, показанного на рис. 1.23, б.

Положительные качества барабанных сит – простота конструкции и спокойная, плавная работа ввиду отсутствия ударного действия и неуравновешенных масс. Недостатком барабанных сит, особенно круглого сечения, является направленное движение просеиваемого материала вдоль полотна сита, что способствует неполному использованию поверхности сита (12–20 %) и препятствует высокой интенсивности просеивания, которая обычно составляет $0,6 \div 0,75$.

Вибрационное сито. Это плоское сито, совершающее под действием динамических факторов колебания в направлении, перпендикулярном полотну сита. По методу сообщения колебаний полотну вибрационные сита делятся на инерционные и ударные.

Рама инерционного вибрационного сита опирается на пружины и совершает колебания под действием инерционной силы неуравновешенной массы, вращающейся на валу, подшипники которого укреплены на раме.

Привод с простым дебалансом (рис. 1.25, а) сообщает колебания ситу не только перпендикулярно плоскости полотна, но и частично в плоскости полотна. Траектория точек сита при этом имеет вид эллипсовидных кривых, параметры которых зависят от соотношения жесткости упругих связей сита в направлениях, перпендикулярном и параллельном полотну.

Привод с помощью механизма самобаланса (рис. 1.25, б) сообщает ситу колебания только в направлении, перпендикулярном полотну. В направлении же, параллельном полотну сита, возмущающие силы обоих дебалансов уравниваются.

Инерционные вибрационные сита устанавливают чаще всего под углом $15\text{--}25^\circ$ к горизонту. Полная амплитуда колебаний $2a = 2 \div 5$ мм. Число полных колебаний в минуту $n = 1200 \div 3000$. Производительность инерци-

онных вибрационных сит на 1 м^2 площади сетки составляет, согласно практическим данным, $3\text{--}5 \text{ м}^3/\text{ч}$ при размерах ячеек $2\text{--}5 \text{ мм}$ и $10\text{--}20 \text{ м}^3/\text{ч}$ при размерах ячеек $5\text{--}12 \text{ мм}$.

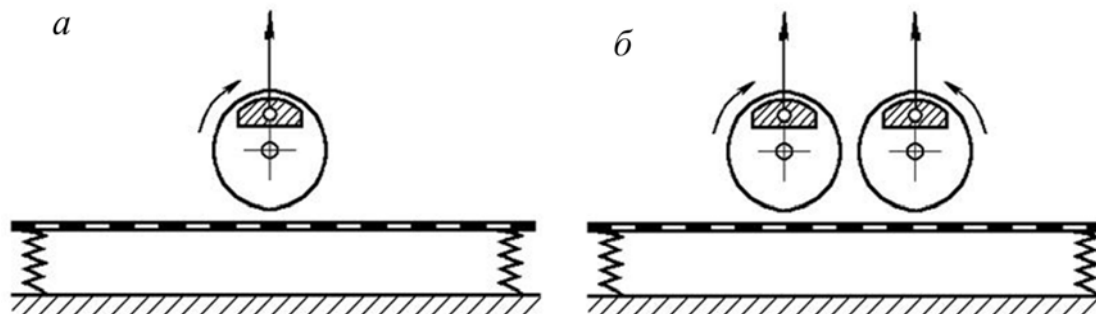


Рис. 1.25. Схемы привода инерционных вибрационных сит:

а – с простым дебалансом; *б* – с самобалансом

Положительным качеством вибрационных сит является характер движения на них просеиваемого материала. При колебаниях полотна сита материал подбрасывается кверху и, падая, движется в направлении, приближающемся к перпендикулярному относительно полотна. Такое направление наиболее благоприятно для просеивания. Кроме того, при подбрасывании и падении материала, как и при всяком встряхивании, происходит концентрация наиболее мелких фракций около самого полотна сита, а более крупные фракции располагаются над мелкими, дальше от сетки сита. Это также благоприятствует быстрому просеиванию.

Коэффициент полезного действия просеивания вибрационных сит находится в пределах $0,90 \div 0,98$. Вибрационные сита особенно эффективны при тонком просеивании. В литейном производстве вибрационные сита в последнее время все чаще находят применение вместо более громоздких барабанных сит как для отработанной формовочной смеси, так и для свежих формовочных материалов.

Общим недостатком вибрационных сит является передача колебаний опорной конструкции. Поэтому при их установке поддерживающая конструкция должна быть достаточно надежной.

1.4.3. Оборудование для гомогенизации и охлаждения отработанной смеси

Отработанная формовочная смесь после выбивной решетки в литейном цехе поточно-массового производства с применением сырых литейных

форм характеризуется неравномерностью температуры и влажности. В зависимости от того, из какой части формы выбили смесь, температура ее может достигать 80–120 °С и выше, а влажность колебаться в пределах от нуля до 3 %. Поэтому при подготовке отработанной формовочной смеси кроме магнитной сепарации и просеивания необходимо усреднение, или гомогенизация, ее по влажности и охлаждение до температуры, близкой к комнатной.

Гомогенизация отработанной формовочной смеси частично осуществляется при ее просеивании. Однако в современных смесеприготовительных системах, имеющих в своем составе установки для испарительного охлаждения, эффективная гомогенизация отработанной формовочной смеси осуществляется в агрегате предварительного увлажнения на входе в эти установки (рис. 1.26, 1.27).

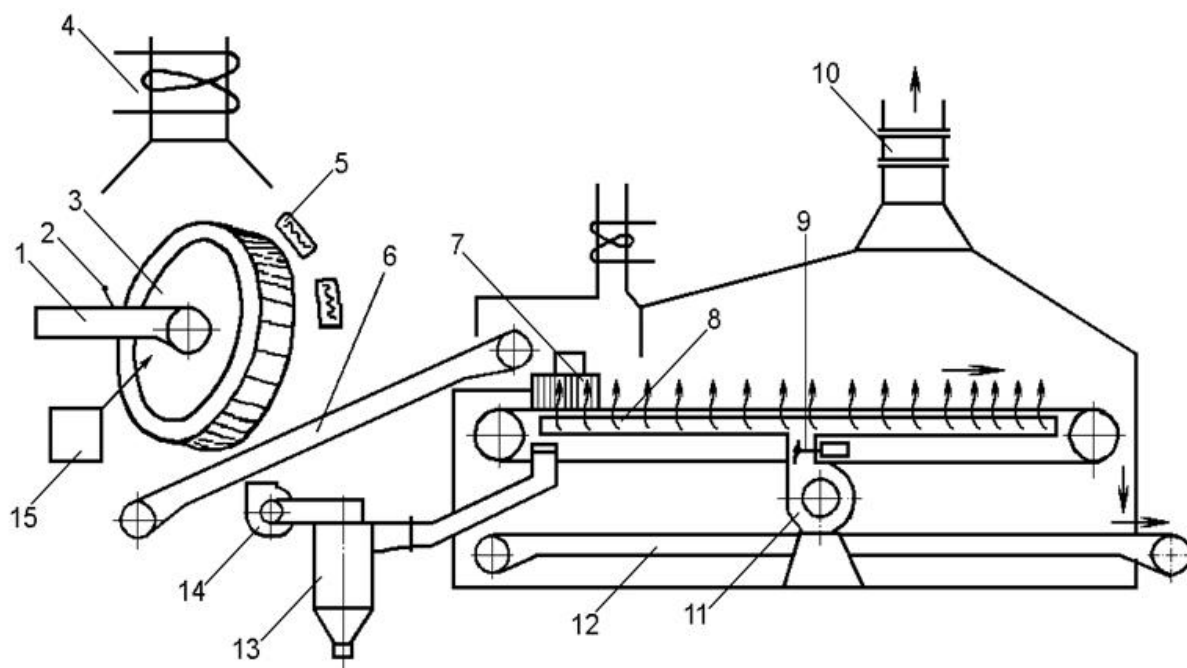


Рис. 1.26. Схема установки Фишера для охлаждения отработанной формовочной смеси с гомогенизатором:

- 1, 6, 12 – ленточные конвейеры; 2 – датчик наличия смеси; 3 – гомогенизирующий барабан; 4 – отсосы; 5 – инфракрасные излучатели; 7 – разравниватель смеси; 8 – перфорированный пластинчатый охлаждающий конвейер; 9 – дроссельная заслонка; 10 – отсос над охладителем; 11 – главный вентилятор; 13 – циклон; 14 – отсасывающий вентилятор; 15 – автоматический увлажнитель

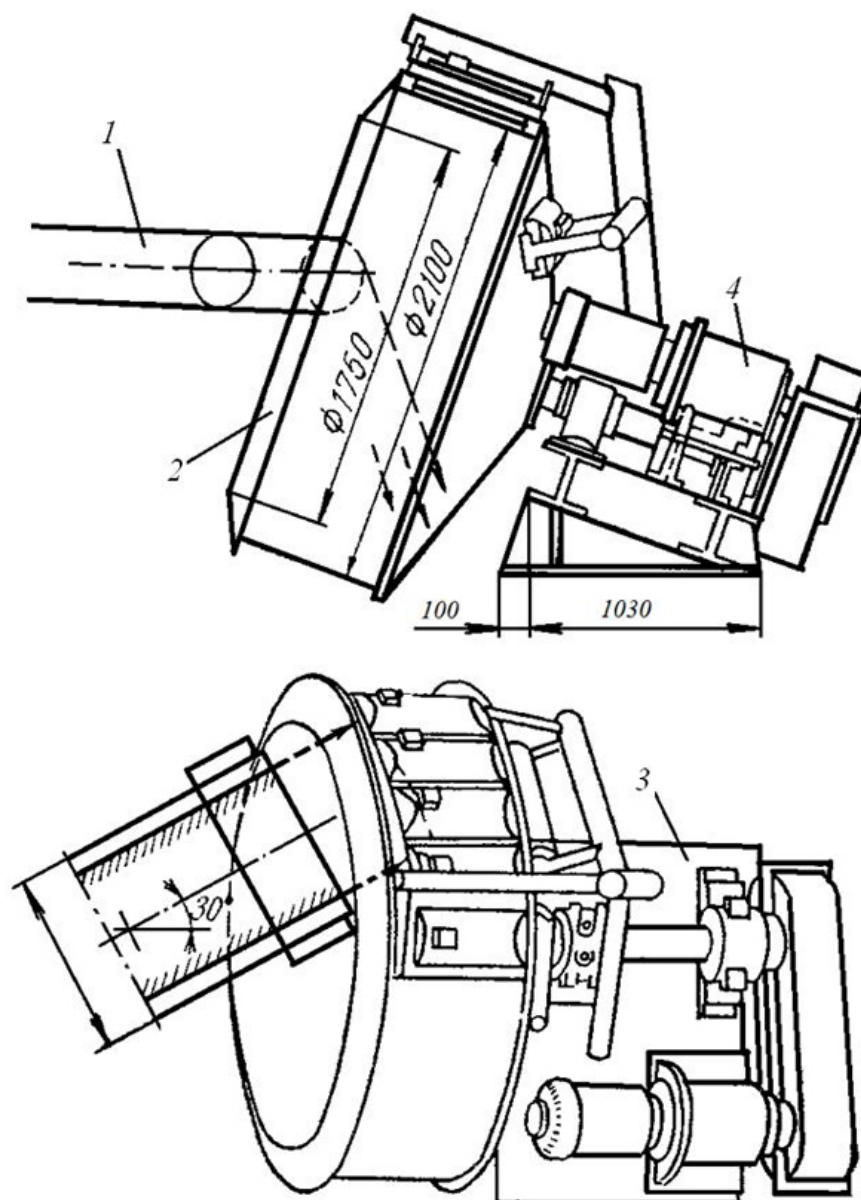


Рис. 1.27. Схема гомогенизационного барабана:

1 – конвейер; 2 – барабан; 3 – платформа; 4 – двигатель

Установка Фишера работает следующим образом (см. рис. 1.26). Как только по конвейеру 1 начинает проходить отработанная смесь, датчик наличия смеси дает команду автоматическому увлажнителю смеси и начинается увлажнение поступающей в барабан смеси. Увлажнение смеси в гомогенизаторе производится из расчета 1 % влаги на каждые 25° необходимого охлаждения. Вода подается внутрь барабана через восемь форсунок, включаемых автоматически в зависимости от влажности поступающей смеси. Гомогенизирующий цилиндриконический барабан вращается около оси, наклоненной под углом 18° к горизонту. Отработанная смесь непрерывно поступает внутрь барабана через его открытый торец с ленточного конвейера, имеющего ско-

рость 1,3 м/с, в направлении под углом 30° к оси барабана в плане и непрерывно выходит через его кромку. Чтобы смесь не налипала на поверхность барабана, он подогревается лампами инфракрасного излучения до температуры, на $3\text{--}5^\circ$ превышающей температуру смеси. Для предотвращения коррозии барабан изготавливают из коррозионно-стойкой стали.

Пройдя по конвейеру 6, смесь поступает на охлаждающий пластинчатый конвейер 8 с множеством отверстий диаметром 2 мм, где разравниватель 7 равномерно распределяет ее по конвейеру. Вентилятор 11 нагнетает воздух в короб, расположенный под конвейером 8. Проходя через отверстия в конвейере, нагнетаемый воздух пронизывает слой горячей и увлажненной оборотной смеси. Смесь охлаждается благодаря интенсивному отбору паров, значительно обеспыливается, а отработанный воздух уходит в циклоны и фильтры. Очищенный воздух и пары влаги выбрасываются после прохождения фильтров в атмосферу. На выходе из охладителя оборотная формовочная смесь имеет влажность 2 % и температуру $30\text{--}40^\circ\text{C}$. Охлажденная смесь с конвейера 8 падает на конвейер 12 и далее поступает в смесеприготовительное отделение по системе ленточных конвейеров и элеваторов.

Кроме рассмотренного комплекса гомогенизатора и охладителя применяют конструкции, в которых процессы гомогенизации и охлаждения совмещены. Их обычно называют смешивающими охладителями. Это, по существу, сдвоенные катковые смесители (бегуны) непрерывного действия, в которых катки заменены лопастями, перемешивающими смесь. Одновременно смесь продувается воздухом и частично охлаждается. Такой смешивающий охладитель применяется в тех случаях, когда отношение массы смеси к массе залитого металла в форме меньше 6. Когда это отношение больше 6, смесь нагревается достаточно сильно, и необходимо дополнительно устанавливать конвейерный охладитель, аналогичный описанному выше.

1.4.4. Оборудование для сушки песка и глины

Для сушки песка используют сушила трех типов разной производительности: барабанные; трубные, или сушила в пневмопотоке; сушила псевдокипящего слоя. Барабанные и трубные сушила просты и надежны, но для их установки требуются значительные площади и высоты. Производительность сушил всех типов рассчитана на начальную влажность песка 10 %, конечную – 0,5 %; для глины соответственно 25 и $3\text{--}5$ %.

Одноходовое горизонтальное барабанное сушило. Оно используется для сушки песка и глины (рис. 1.28) и представляет собой барабан, ось

которого наклонена к горизонту под углом $\sim 5^\circ$. Барабан вращается на катках с частотой вращения $n = 2 \div 10$ об/мин ($0,03\text{--}0,15\text{ с}^{-1}$). На одном конце барабана устроена топка на природном газе. Сырой материал загружается через приемную воронку в распределительную часть барабана, где имеются винтовые лопатки. Они распределяют песок по отдельным продольным каналам барабана, образованным системой продольных перегородок. Ячейковая насадка барабана разделяет песок на ряд отдельных струй, благодаря чему ускоряется процесс сушки. Варианты ячейковой насадки барабана таких печей с пересыпанием песка с полки на полку показаны на рис. 1.28, б. Пройдя всю длину барабана, песок или глина высыхает и через разгрузочное отверстие высыпается на транспортер.

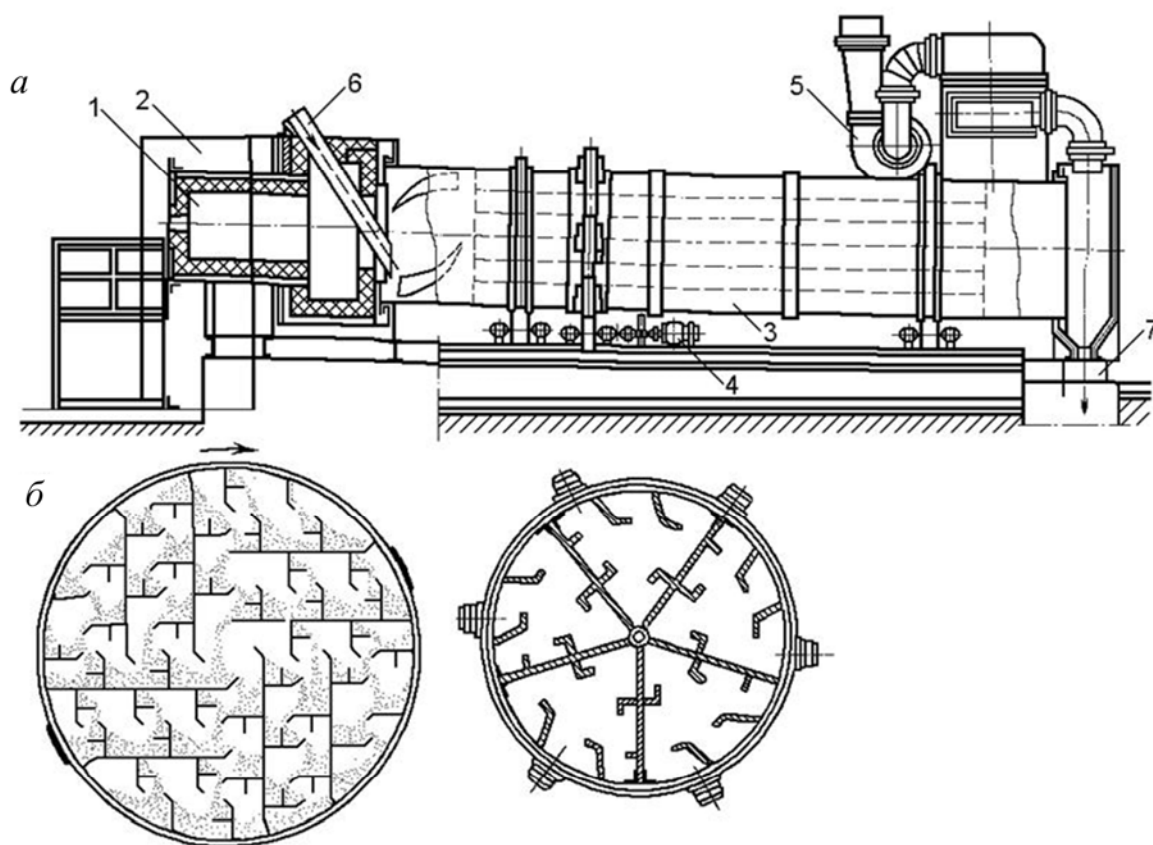


Рис. 1.28. Схема горизонтального барабанного сушила (а) для сушки песка и варианты насадки барабана (б):

1 – топка; 2 – габарит топки на угле; 3 – барабан; 4 – привод барабана; 5 – вытяжная вентиляция; 6 – загрузочная воронка; 7 – выход песка

Горизонтальные барабанные сушила выполняют диаметром 2,5 м и длиной до 10 м. Их применяют для сушки песка и глины. Производительность таких сушил составляет до 10 т/ч по песку и до 3,5 т/ч по глине.

Горизонтальные барабанные сушила делают обычно с попутным потоком топочных газов и сушеного материала. При попутном потоке газов и песка наиболее горячие газы соприкасаются с наиболее влажным песком, что защищает глинистую составляющую от перегрева скрытой теплотой испарения влаги песка. Из этих соображений глинистые жирные пески и глину сушат только в барабанных сушилах. Кварцевые пески сушат при температуре до 600 °С, глинистые – до 200 °С.

Недостаток горизонтальных барабанных сушил – их большая длина.

Трехходовое барабанное сушило. Оно состоит из топки 3, загрузочной воронки 1, трехходового барабана 2, разгрузочного желоба 5 и механизма вращения 4 барабана (рис. 1.29). Барабан состоит из корпуса, представляющего собой три усеченных конуса, вставленных друг в друга. Благодаря такой конструкции путь перемещения материала при сушке в барабане в 3 раза больше его длины, а значит, одна и та же производительность достигается при меньших габаритных размерах.

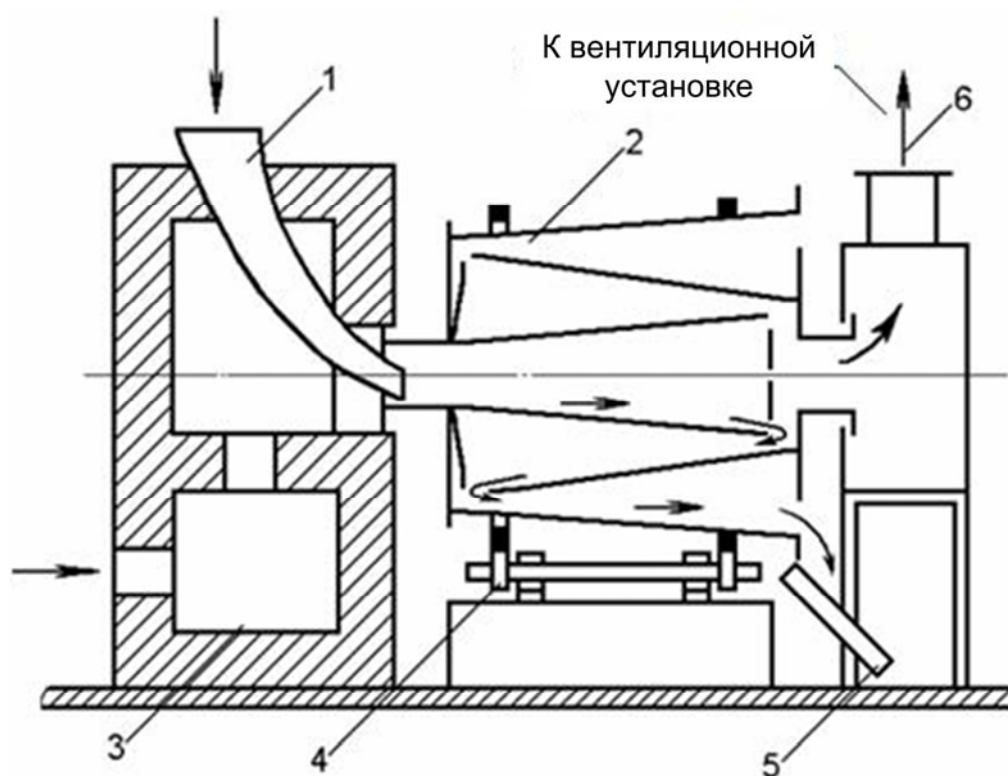


Рис. 1.29. Схема устройства трехходового барабанного сушила

Процесс сушки в барабанных сушилах зависит от следующих факторов: влажности и размера кусков исходных материалов; температуры топочных газов и скорости их движения; объема и конструкции барабана

(длина, диаметр, конструкция ячеек, угол наклона и частота вращения); эффективности работы вытяжной вентиляции.

Установка для сушки песка в псевдокипящем слое. Сущность процесса сушки песка заключается в следующем. Слой песка 2, лежащий на перфорированной решетке 3 (рис. 1.30), продувается горячими топочными газами с температурой 500–700 °С, в результате чего образуется кипящий слой песка. Благодаря большой скорости многочисленных струй горячих топочных газов и омыванию ими почти каждой песчинки, расположенной на решетке, слой песка почти мгновенно высыхает. Сухие зерна песка «всплывают» кверху и через верх регулирующей заслонки 12 перетекают в желоб 11, а сырые частицы, комья песка, мелкие камни и кусочки глины опускаются вниз к горячей решетке, к более горячим топочным газам. Попавшие на решетку комья сырого песка быстро переходят в псевдокипящее состояние и поднимаются вверх, а мелкие камни и кусочки сухой глины движутся по наклонной решетке и через щель между решеткой и регулирующей заслонкой 12 удаляются из кипящего слоя.

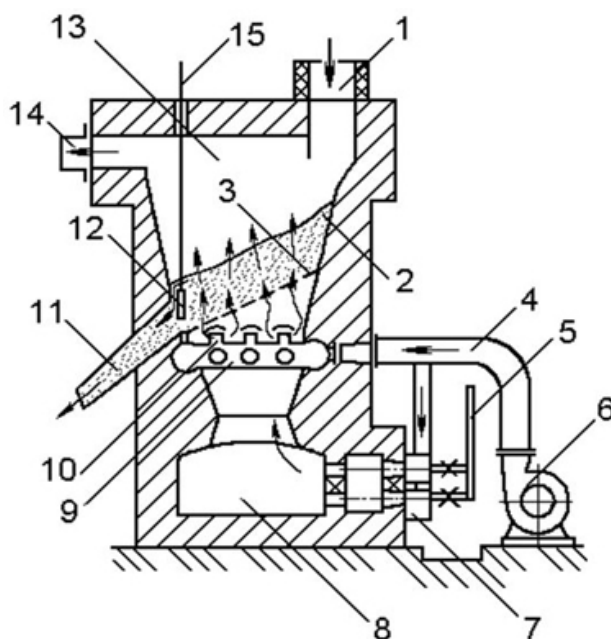


Рис. 1.30. Установка для сушки песка в кипящем слое:

- 1 – загрузочная воронка; 2 – слой песка; 3 – перфорированная решетка;
 4 – нагнетающий воздухопровод; 5 – газопровод; 6 – дутьевой вентилятор; 7 – газовые
 двухпроводные горелки; 8 – камера сжигания; 9 – камера смешивания; 10 – фурмы;
 11 – желоб; 12 – регулирующая заслонка; 13 – камера сушки; 14 – трубопровод
 отходящих газов; 15 – тяга регулирующей заслонки

Установка работает непрерывно: по мере сушки и удаления сухого песка через желоб *11* сырой песок добавляется через загрузочную воронку *1*. Установка представляет собой сварной вертикальный барабан из трех камер. В камере *8* сжигается газ, в камере *9* топочные газы с температурой 1100–1200 °С разбавляются холодным воздухом, поступающим через фурмы *10*, в результате чего их температура снижается до 600–800 °С. Боковые стенки камеры *13* (камера сушки) изготовляют из толстолистовой стали, а наклонную решетку *3* – из жаростойкой стали. Проходное сечение отверстий решетки диаметром 2,5–3,0 мм составляет около 6–7 % ее площади.

Рядом с установкой для сушки монтируют установку для охлаждения песка. Сухой и нагретый песок поступает из печи по желобу *11* в охлаждающую камеру с дутьевым подом, наклонной решеткой и двухзонной регулирующей заслонкой такой же конструкции, как и в сушильной печи. Воздух для охлаждения песка подается в охлаждающую камеру вентилятором.

На рис. 1.31 показана установка для сушки песка в кипящем слое, совмещенная с установкой для его охлаждения. Установка представляет собой камеру круглого или прямоугольного сечения с металлической решеткой внизу и с выносной топкой, обычно поверхностного беспламенного горения, расположенной ниже решетки. Топочные газы проходят снизу вверх через щели решетки и далее через слой непрерывно подаваемого в камеру сырого песка. Сухой песок из кипящего слоя по лотку поступает в камеру для охлаждения, устроенную аналогично камере для сушки, но только продуваемую не горячими топочными газами, а холодным воздухом. Из кипящего слоя камеры охлаждения сухой песок непрерывно отводится и передается к месту потребления.

Расход условного топлива в такой установке составляет около 10 кг на 1 т песка. Сечение камеры установки принимается из расчета съема с 1 м² решетки 8–10 т/ч сухого песка. Температура топочных газов на входе в слой в сушильном аппарате (под решеткой) достигает 950–1000 °С, температура кипящего слоя и газов, выходящих из него, составляет 110–120 °С. Из установки для сушки песок выходит с температурой 110–120 °С, из установки для охлаждения песка – с температурой 20–30 °С. Влажность высушенного песка равна 0,1 % при начальной влажности 8–12 %. Оптимальная высота кипящего слоя – 400–450 мм.

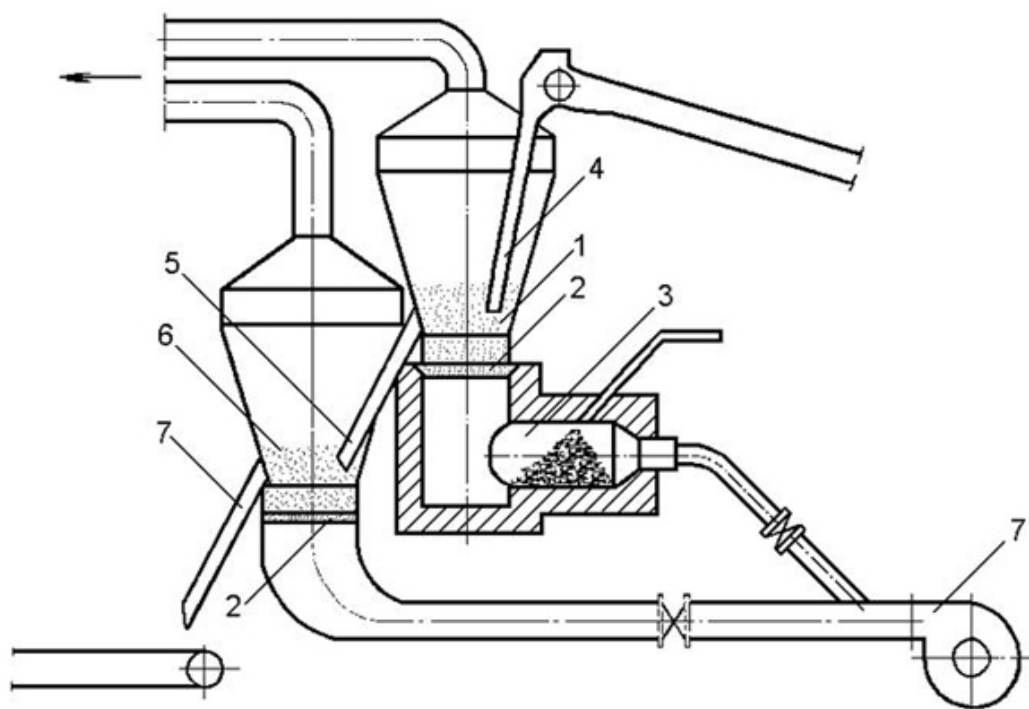


Рис. 1.31. Схема установки для сушки и охлаждения песка в кипящем слое:

1 – аппарат для сушки; 2 – решетка; 3 – топка; 4 – подача сырого песка; 5 – выход сухого горячего песка; 6 – аппарат для охлаждения; 7 – вентилятор; 8 – выход сухого охлажденного песка

Установка для сушки песка в вихревом аппарате. Такая установка представляет собой вертикальную камеру 1 с расширением в верхнем торце (рис. 1.32). В нижнюю цилиндрическую часть камеры через патрубок 2 по касательной вводятся горячие газы со взвешенными частицами влажного песка, которые вследствие большой скорости приобретают в этой зоне вихревое движение. Поток газов и частиц песка, сохраняя свое вихревое движение, поднимается в верхнюю зону камеры, где сушка завершается. В верхней зоне вихревой камеры установлена подпорная диафрагма 3 для изменения времени пребывания материала в камере. Материал при вихревом движении газов прижимается центробежной силой к стенкам камеры и, подходя к верхнему торцу, упирается в диафрагму 3, при этом незначительная часть материала вместе с газами попадает опять в вертикальный поток, а остальная часть, прижимаясь к стенкам, сползает в нижнюю зону и в бункер. В нижней зоне камеры скорость газа повышается, и поэтому часть материала снова поднимается в верхнюю зону, т. е. материал циркулирует, что способствует его равномерной сушке.

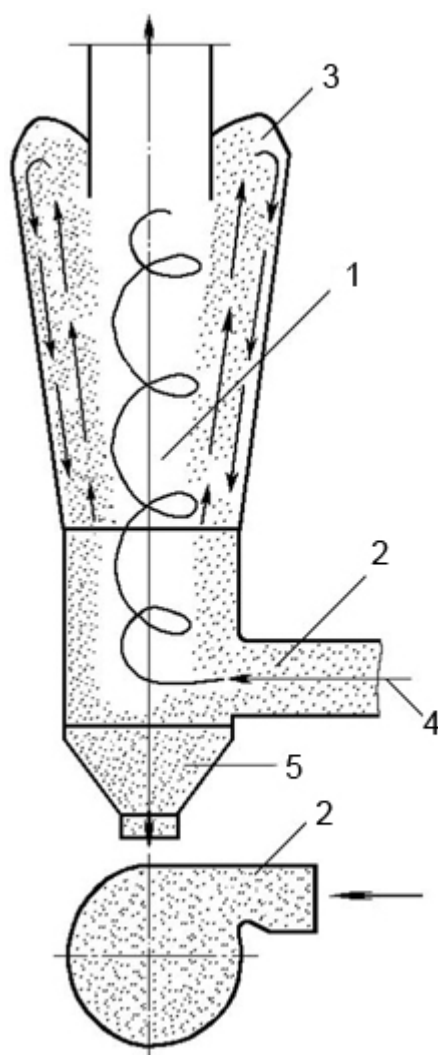


Рис. 1.32. Схема вихревого аппарата для сушки и охлаждения песка:
 1 – сушильная камера; 2 – патрубок подачи влажного песка; 3 – подпорная диафрагма;
 4 – влажный песок; 5 – сухой песок

Для охлаждения песка последовательно с сушильной камерой встраивают вихревую охлаждающую камеру аналогичной конструкции.

1.4.5. Устройства для дробления и измельчения исходных формовочных материалов

1.4.5.1. Физические основы размельчения материалов

Для приготовления формовочных смесей широко применяют бентонит, маршаллит, молотый уголь и другие пылевидные и мелкозернистые материалы. Эти материалы многие литейные цехи готовят сами. Для этого используются различного вида дробильные установки для размель-

чения крупных кусков отработанной формовочной смеси, сырой глины, песка. Действие дробильно-размольных машин основано на раздавливании, раскалывании, ударе или истирании материала.

Эффект размельчения материала оценивают величиной кратности размельчения [1]:

$$e = \frac{D}{d},$$

где D – размер кусков до размельчения;

d – размер кусков после размельчения.

Дробилки производят грубое размельчение материала до размера кусков 15–25 мм и имеют кратность дробления $e = 3 \div 12$. Мельницы производят тонкое размельчение предварительно дробленого материала до размеров зерен менее 0,1 мм и имеют кратность дробления $e > 200$.

Процесс размельчения материалов чрезвычайно сложен. Наиболее достоверной гипотезой процесса размельчения является обобщенный закон разрушения твердых тел, предложенный П. А. Ребиндером. Сущность этого закона состоит в следующем. При механическом разделении твердого куска на части внешние силы преодолевают силы внутреннего сцепления между частицами, образуя новые поверхности. Поверхностные слои частицы обладают некоторым избытком свободной энергии, или поверхностной энергией. Это объясняется тем, что частицы кристаллической решетки материала, расположенные на его поверхности, в отличие от частиц, расположенных внутри, взаимодействуют односторонне – со стороны тела.

Таким образом, для перевода энергии внутренних частиц на поверхность (размельчение) требуется затратить определенную работу, которая, будучи отнесенной к единице поверхности, называется *удельной поверхностной энергией*.

Для разделения тела на части и удаления их друг от друга на расстояние, при котором прекращается взаимодействие между ними, потребуется энергия, которая называется *внутренней*.

Следовательно, обобщенный закон разрушения твердых тел выражается полной работой [1]:

$$A = \sigma_{\text{пов}} \cdot \Delta F + \frac{\sigma_{\text{в}}^2 \cdot \Delta V}{2E},$$

где $\sigma_{\text{пов}} \cdot \Delta F$ – работа, перешедшая в свободную энергию поверхности ΔF , Дж (при расчете дробилок первым членом можно пренебречь);

$\frac{\sigma_{\text{в}}^2 \cdot \Delta V}{2E}$ – работа упругих и пластических деформаций в объеме тела

ΔV , пропорциональная этому объему, Дж (при расчете мельниц вторым членом можно пренебречь);

$\sigma_{\text{в}}$ – временное сопротивление материала, МПа;

$\sigma_{\text{пов}}$ – удельная поверхностная энергия, Дж/м²;

ΔF – поверхность, образующаяся при разрушении материала, м²;

ΔV – часть объема тела, подвергшаяся деформации, м³;

E – модуль упругости материала.

1.4.5.2. Дробилки

Щековые дробилки. При дроблении кусков сухой и мерзлой глины, а также отработанной формовочной смеси применяют щековые дробилки. Они могут быть с простым и сложным качанием подвижной щеки (рис. 1.33).

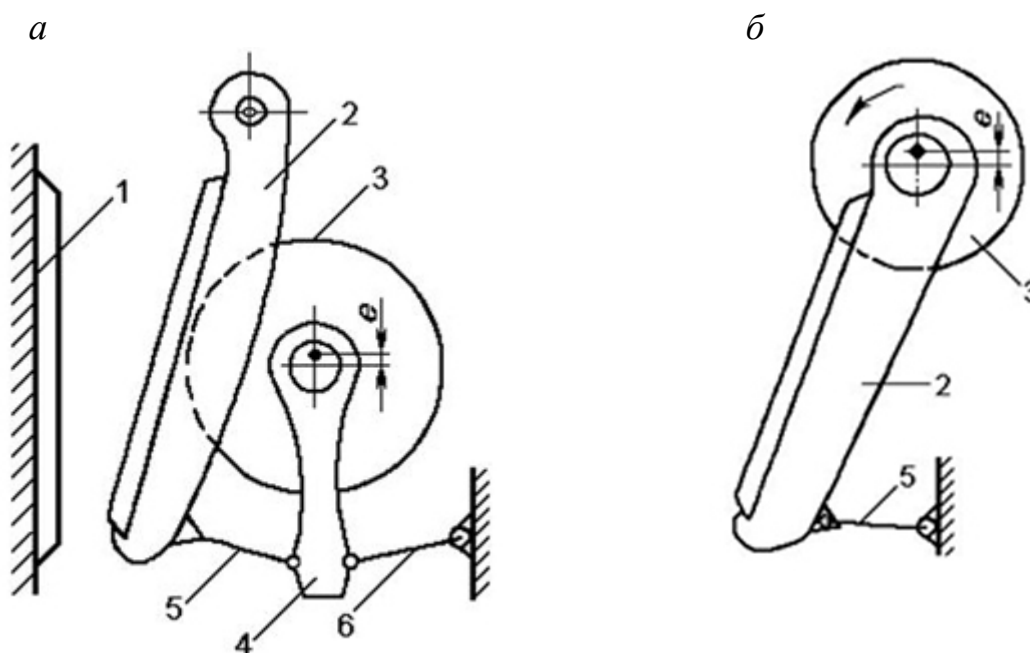


Рис. 1.33. Схемы щековых дробилок с простым (а)

и сложным (б) качанием щеки:

1 – неподвижная щека; 2 – подвижная щека; 3 – маховик; 4 – шатун; 5, 6 – кривошипы

Кинематическая схема щековой дробилки с простым качанием подвижной щеки показана на рис. 1.34.

Рабочее пространство щековой дробилки между подвижной и неподвижной щеками имеет клиновидную форму. В него сверху загружаются куски материала, а снизу через щель между щеками выпадает продукт дробления. Под-

вижная щека имеет точку подвеса вверху и качается около нее, нажимая на куски материала и раздавливая их. Щеки обычно делают в виде сменных рифленых плит. При сравнительно небольшом усилии шатуна шарнирный механизм привода обеспечивает большое усилие нажима щеки на раздавливаемый кусок.

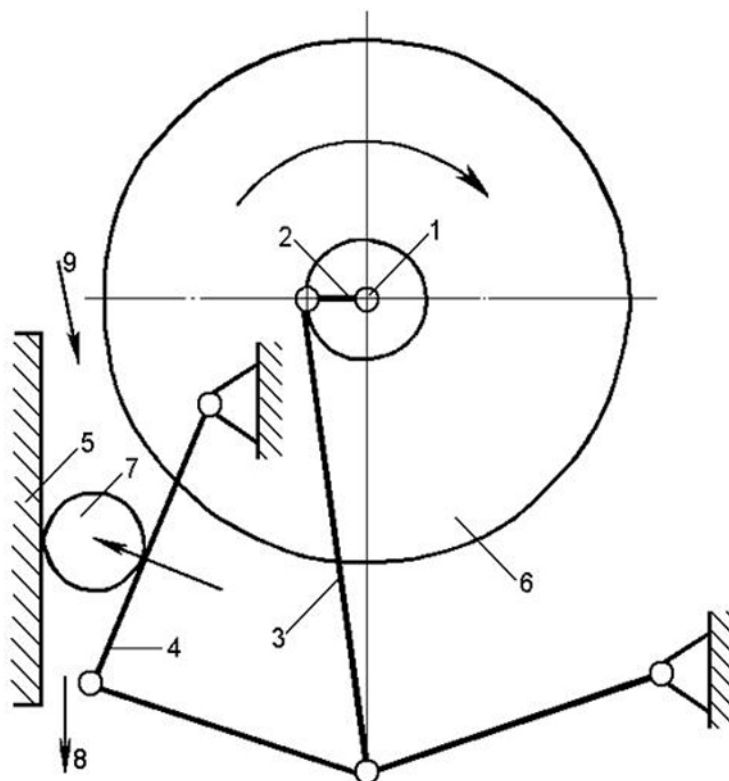


Рис. 1.34. Кинематическая схема щековой дробилки

с простым качанием щеки:

1 – вал; 2 – кривошип; 3 – шатун; 4 – подвижная щека; 5 – неподвижная щека;
6 – маховик; 7 – кусок дробимого материала; 8 – выход дробленого продукта;
9 – загрузка материала

Угол α между плоскостями щек (рис. 1.35) называется *углом захвата* щековой дробилки. При качании подвижной щеки угол α изменяется незначительно. Пренебрегая в первом приближении этим изменением, найдем, каким должен быть угол α , чтобы раздавливаемый кусок смог удержаться в выпускной щели дробилки силами P_f и $P_f f$ и не выталкивался из нее кверху. Пренебрегая силой тяжести куска, имеем следующее условие равновесия куска:

$$\sum X = P_1 - P_f \cdot \sin \alpha - P \cdot \cos \alpha = 0,$$

$$\sum Y = P \cdot \sin \alpha - P_1 f - P_f \cdot \cos \alpha = 0,$$

где f – коэффициент трения.

Отсюда находим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg}^2 \varphi} = \operatorname{tg} 2\varphi,$$

φ – угол трения; $\varphi = \operatorname{arctg} f$.

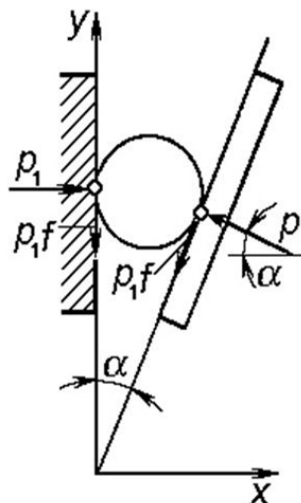


Рис. 1.35. Схема к определению угла захвата щековой дробилки

Очевидно, что для захватывания куса материала дробилкой должно соблюдаться условие $\alpha \leq 2\varphi$, т. е. угол захвата должен быть меньше двойного угла трения.

Оптимальную частоту вращения вала щековой дробилки получим из условия, что во время отхода подвижной щеки от неподвижной продукт дробления успевает свободно выпасть через выпускную щель. Угол α также для упрощения примем постоянным. На рис. 1.36 приведены схемы для расчета частоты вращения и работы щековой дробилки.

При отходе подвижной щеки дробилки должен успеть выпасть кусок материала в виде призмы высотой $h = \frac{s}{\operatorname{tg} \alpha}$, где s – ход подвижной щеки, м. Для этого имеется время отхода подвижной щеки, равное продолжительности полуоборота вала дробилки $h = \frac{30}{n}$, с. При свободном падении тела имеем

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{g}{2} \left(\frac{30}{n} \right)^2 = \frac{9,81 \cdot 450}{n^2},$$

где n – частота вращения вала, об/мин;

g – ускорение силы тяжести; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

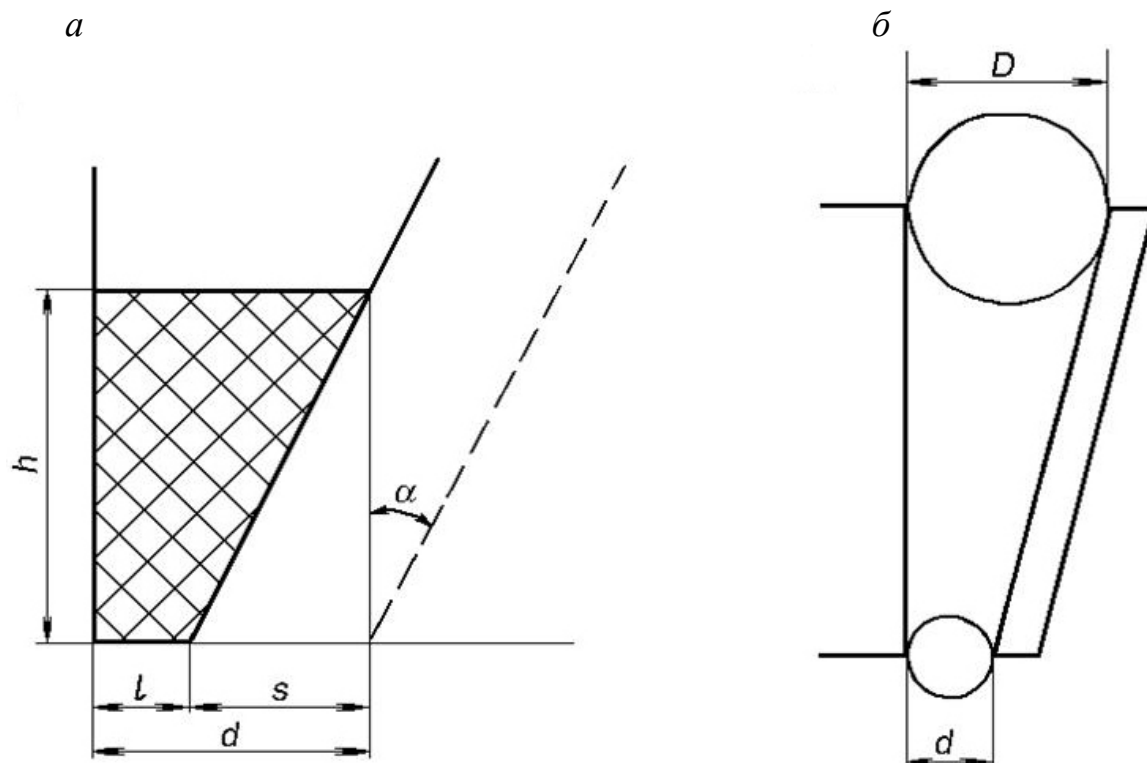


Рис. 1.36. Схемы к определению частоты вращения (а) и работы дробления (б):

l – минимальная ширина выпускной щели; s – ход подвижной щеки; d – максимальная ширина выпускной щели; h – высота призмы продукта, выпадающего из дробилки

Поскольку высота призмы одна и та же, только выражена по-разному, можно написать

$$\frac{9,81 \cdot 450}{n^2} = \frac{s}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Отсюда оптимальная частота вращения вала дробилки будет равна

$$n_{\text{опт}} = 66,5 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{s}}, \text{ об/мин.}$$

Учитывая трение кусков продукта о щеки, принимаем запас времени высыпания 10 %, тогда

$$n_{\text{опт}} = 60 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{s}}, \text{ об/мин.}$$

Поскольку частота вращения в Международной системе единиц измеряется в с^{-1} , используя зависимость $n = \frac{N}{t}$, где N – число циклов равномерного вращения, а t – время вращения ($t = 60 \text{ с}$), получим оптимальную частоту вращения

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\text{tg}\alpha}{s}}, \text{с}^{-1}.$$

Производительность щековой дробилки можно определить следующим образом. Объем призмы продукта, выпадающего из дробилки за один оборот вала, составляет

$$V = \frac{l + (l + s)}{2} \cdot \frac{s}{\text{tg}\alpha} \cdot b,$$

где b – длина выпускной щели дробилки, м.

Часовая производительность равна

$$Q = \mu \cdot V \cdot \gamma \cdot n \cdot 60 = \frac{30 \cdot \mu \cdot \gamma \cdot n \cdot b \cdot s \cdot (2l + s)}{\text{tg}\alpha},$$

где μ – коэффициент разрыхления продукта; $\mu = 0,25 \div 0,5$;

γ – насыпная масса материала, т/м^3 .

Расход энергии в щековой дробилке найдем, исходя из второй гипотезы, приняв наиболее невыгодный случай нагрузки дробилки (см. рис. 1.36, б), при котором за один ход дробятся одновременно $\frac{b}{D}$ шаров диаметром D , находящихся на входе, и выходят из дробилки $\frac{b}{d}$ шаров диаметром d .

Разность объемов кусков материала до дробления и кусков выходящего продукта в данном приближенном расчете условно берем по объему ряда входящих в дробилку и ряда выходящих из нее кусков:

$$\Delta V = \frac{b}{D} \cdot \frac{\pi D^3}{6} - \frac{b}{d} \cdot \frac{\pi d^3}{6} = \frac{\pi b}{6} (D^2 - d^2).$$

Работа дробления при одном ходе подвижной щеки составит

$$A = \frac{\sigma^2 \cdot \Delta V}{2E} = \frac{\pi \sigma^2 b (D^2 - d^2)}{12E},$$

где σ – разрушающее напряжение материала при раздавливании, МПа;

E – модуль упругости материала, кг/см^2 ;

D – размер кусков до размельчения, см;

d – размер кусков после размельчения, см;

b – длина выпускной щели дробилки, см.

Потребляемая максимальная мощность составит

$$N = \frac{An}{1,36 \cdot 60} = \frac{\pi \sigma^2 b (D^2 - d^2)}{1,11 \cdot 10^5 E},$$

Валковая дробилка. Такая дробилка представляет собой два гладких вала одинакового диаметра, которые вращаются навстречу друг другу с одинаковой частотой вращения (рис. 1.37). Для хрупких материалов применяют также рифленые и зубчатые валки.

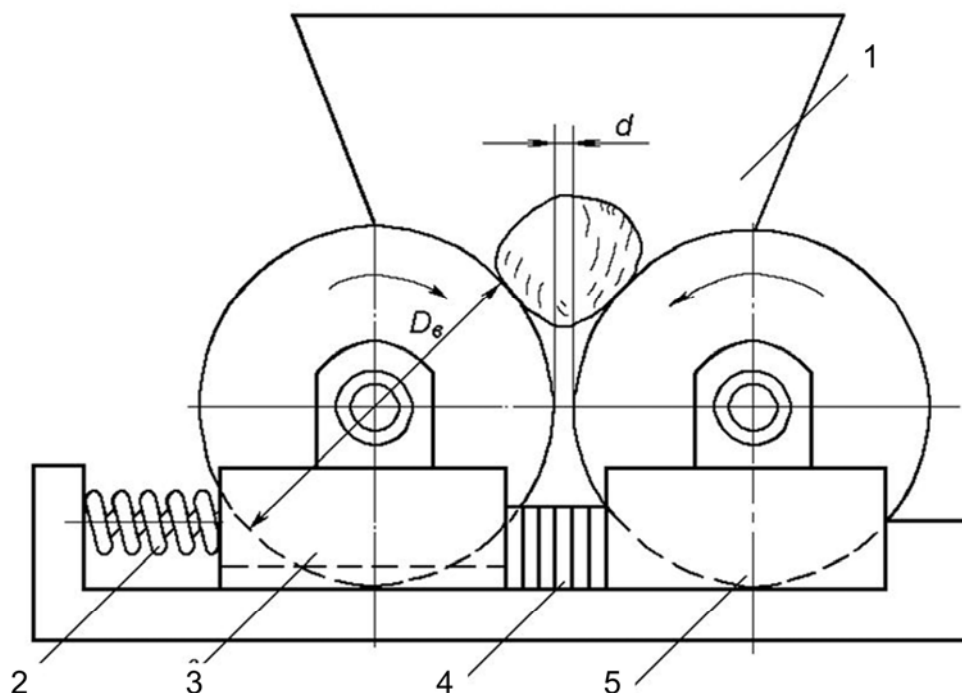


Рис. 1.37. Схема валковой дробилки:

1 – загрузочная воронка; 2 – пружина; 3 – подвижный подшипник; 4 – установочные прокладки; 5 – неподвижный подшипник

Подшипники одного из валков могут проскальзывать в направляющих и удерживаются пружинами. Между подшипниками обоих валков помещают прокладки, которыми регулируют ширину щели между валками. Размер этой щели определяет максимальную величину кусков раздробленного продукта, выходящих из дробилки.

Гладкие валки дробят куски материала, как и щековая дробилка, раздавливанием, затягивая кусок между валками силой трения. Зубчатые валки дробят материал раскалыванием.

Рассмотрим условие захвата куска материала в валковую дробилку (рис. 1.38). Видно, что плоскости OM и ON , касательные к поверхностям гладких валков в точках соприкосновения с затягиваемым куском материала, аналогичны щекам в щековой дробилке. Эти плоскости образуют между собой угол $\beta = 2\alpha$, где α – угол захвата валковой дробилки.

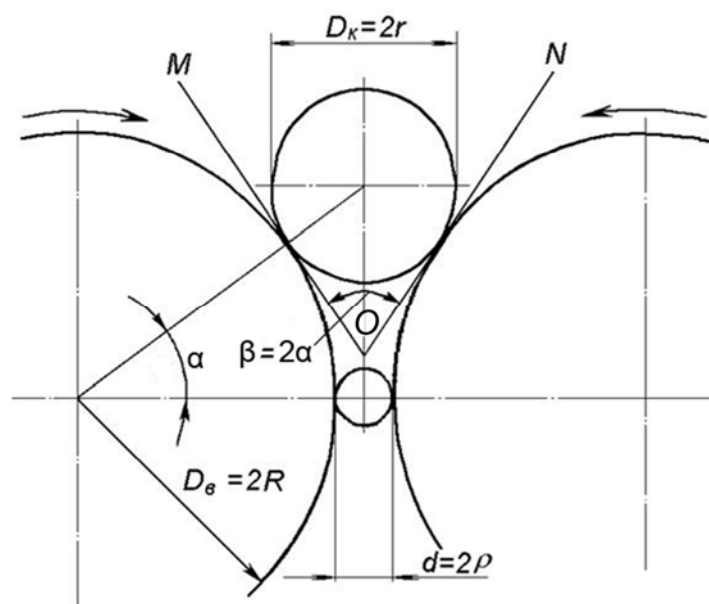


Рис. 1.38. Схема для вывода основных соотношений для валковой дробилки

При рассмотрении щековой дробилки было установлено, что для затягивания куска в пространство между щеками должно быть соблюдено условие $\beta \leq 2\varphi$. Отсюда получаем для валковой дробилки

$$\alpha \leq \varphi,$$

где φ – угол трения куска материала о валки; $\varphi = \arctg f$.

Так, например, для дробления угля ($f = 0,3$) угол захвата должен быть $\alpha \leq 16^\circ 42'$.

Соотношение между диаметрами валков и поступающих в дробилку максимальных кусков материала определяется по схеме, изображенной на рис. 1.38, из геометрического соотношения

$$\frac{D_{\text{б}} + D_{\text{к}}}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{D_{\text{б}} + d}{2},$$

откуда после преобразований получаем

$$\frac{D_{\text{в}}}{D_{\text{к}}} = \frac{\cos \alpha - \frac{1}{e}}{1 - \cos \alpha}, \quad (1.5)$$

где $e = \frac{D_{\text{к}}}{d}$ – кратность дробления (для гладких валков $e = 3 \div 5$).

При $\alpha = 16^\circ$ (дробление угля) и $e = 4$ по формуле (1.5) $\frac{D_{\text{в}}}{D_{\text{к}}} \approx 18$. Крупные куски по своей форме обычно в меньшей степени приближаются к форме шара, и поэтому захват их валками происходит легче. В связи с этим для угля при $D_{\text{к}} > 50$ мм часто принимают (при гладких валках) $\alpha = 23^\circ$; при $D_{\text{к}} = 25 \div 50$ мм $\alpha = 19^\circ$; при $D_{\text{к}} = 12 \div 25$ мм $\alpha = 14,5^\circ$.

Для рифленых валков принимают $\frac{D_{\text{в}}}{D_{\text{к}}} = 10 \div 12$, а для зубчатых валков – $\frac{D_{\text{в}}}{D_{\text{к}}} = 1,5 \div 4$. Кратность дробления в дробилках с рифлеными и зубчатыми валками – до 8. Из таких дробилок выходят куски с размерами не менее 20 мм.

Окружную скорость обычных гладких валков принимают в пределах 2–3 м/с, а быстроходных валков – 4–6 м/с. Окружная скорость должна быть тем меньше, чем крупнее куски дробимого материала. Зубчатые и рифленые тихоходные валки имеют окружную скорость 1,5–2 м/с, а быстроходные – 3–4, 5 м/с.

Молотковая дробилка. Она представляет собой быстро вращающийся ротор, на котором свободно (на шарнирах) навешены била, или молотки, ударяющие по кускам дробимого материала, т. е. разрушение материала происходит ударом (рис. 1.39).

Загрузка кусков материала в дробилку осуществляется через загрузочное отверстие кожуха, а выход продукта – через зазоры между колосниками решетки, расположенной внизу дробилки.

Размеры кусков продукта дробления определяются как шириной зазоров в сменной колосниковой решетке, так и радиальным зазором между молотками и решеткой. Исходя из практических данных ширина зазоров между колосниками при крупном дроблении (куски до 50 мм) должна быть

в 1,5–2 раза больше наибольшего размера кусков, чтобы последние могли пройти в зазор. При мелком дроблении (куски до 5 мм) зазоры должны составлять 25–30 мм. Радиальный зазор между молотком и решеткой тем больше, чем крупнее куски дробимого материала. Чаще всего этот зазор равен 3–5 мм.

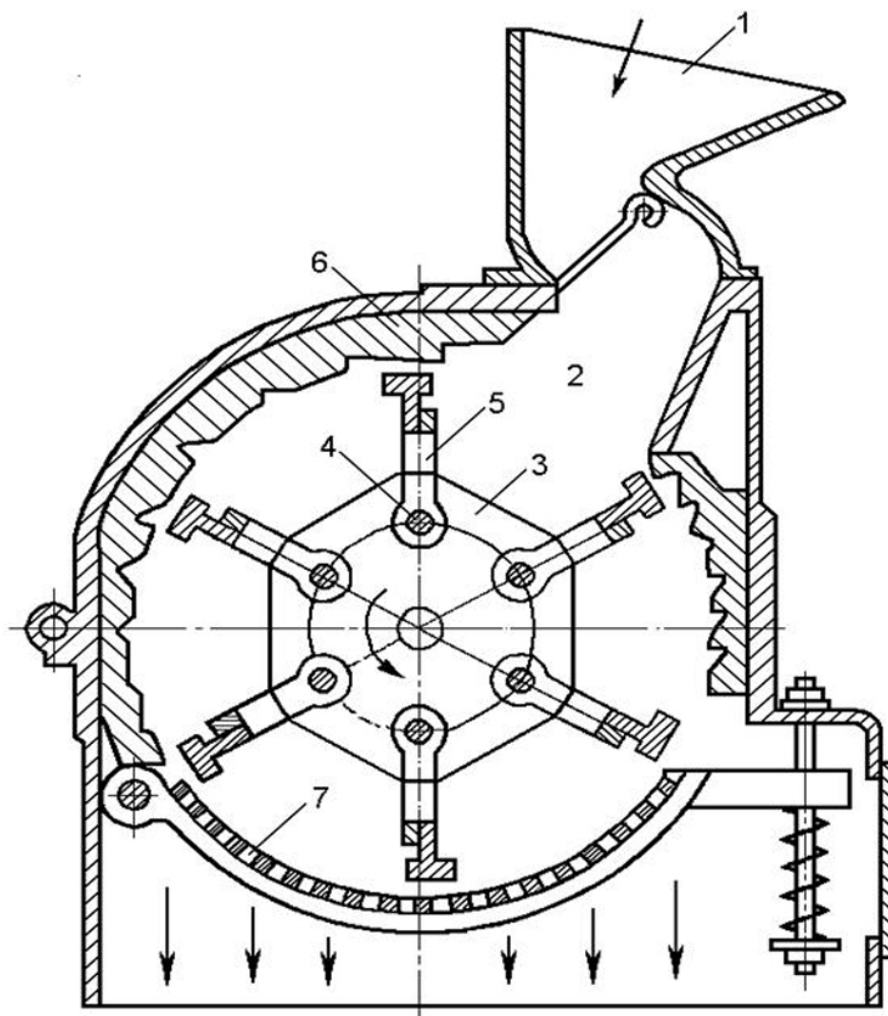


Рис. 1.39. Схема молотковой дробилки:

1 – загрузка материала; 2 – рабочее пространство; 3 – диски; 4 – шарниры; 5 – била (молотки); 6 – стальная футеровка; 7 – колосниковая решетка

Окружные скорости в молотковых дробилках составляют 20–50 м/с. Кратность дробления равна $e = 6 \div 12$. Молотковые дробилки отличаются большой производительностью и компактностью. Обычный материал для молотков и футеровки – сталь Ст.5, а при дроблении твердых материалов – высокомарганцовистая сталь 110Г13Л.

1.4.5.3. Мельницы

Для тонкого измельчения угля, глины и некоторых других материалов, например наполнителей для противопожарных и защитных красок (маршаллит, корунд и др.), в литейных цехах применяют шаровые, молотковые, крестовые мельницы, мельницы по типу бегунов, а также вибрационные мельницы.

Шаровая мельница. Такая мельница представляет собой барабан, вращающийся вокруг горизонтальной оси, в который загружены куски размалываемого материала и металлические шары (рис. 1.40). При вращении барабана шары увлекаются стенкой в сторону вращения и, достигая определенной высоты, отрываются от нее, падают, размельчая материал ударом.

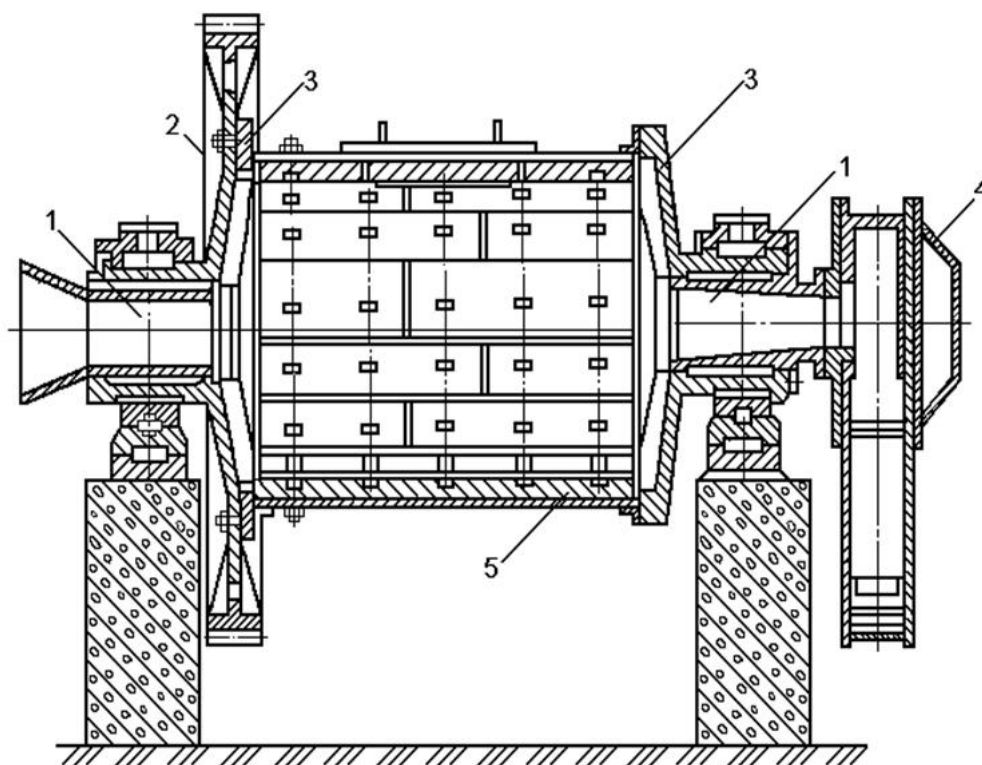


Рис. 1.40. Схема шаровой мельницы:

1 – полые цапфы; 2 – зубчатая передача; 3 – днища барабана; 4 – приемное устройство;
5 – барабан

Падение шаров происходит по некоторой параболической траектории (рис. 1.41). Это оптимальный режим работы мельницы, так как получается наибольшая полезная работа при наименьшем износе шаров. При

малой частоте вращения барабана шары поднимаются на небольшую высоту, а затем скатываются вниз или скользят по поверхности футеровки. При этом полезная работа незначительна, так как измельчение материала происходит только путем его истирания. При большой частоте вращения барабана шары под действием центробежной силы не могут оторваться от футеровки барабана и вращаются вместе с ним. В этом случае измельчения материала не происходит.

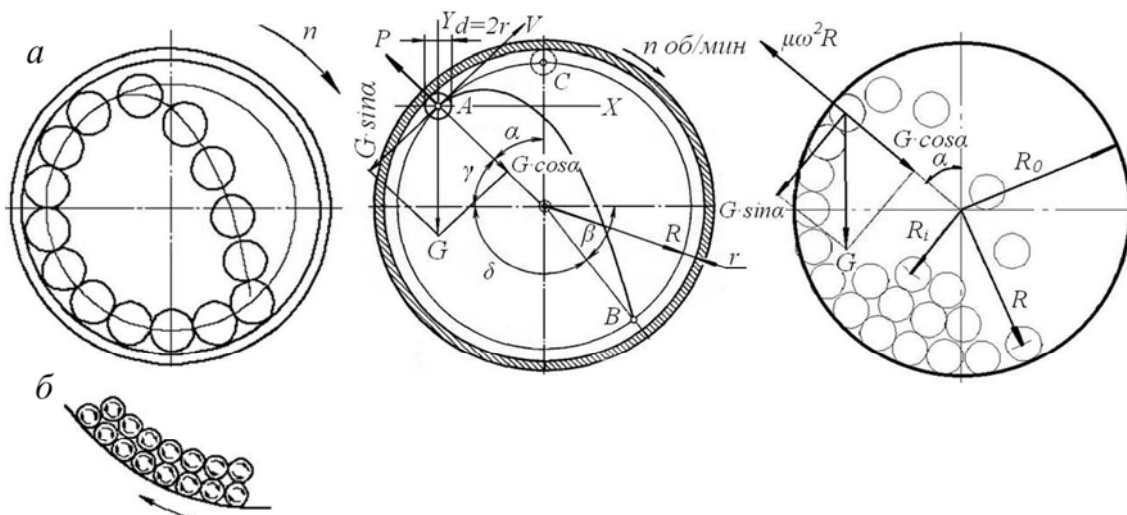


Рис. 1.41. Схема движения шаров в шаровой мельнице:

a – траектория движение крайнего внешнего ряда шаров; *б* – скольжение шаров по внутренней поверхности барабана

Наименьшую частоту вращения, при которой нет свободного падения шаров, называют *критической*. Очевидно, что частота вращения барабана будет оптимальной в том случае, когда шары движутся вдоль его стенки и, отрываясь от нее, падают подобно свободно падающему телу. Оптимальная частота вращения шаровой мельницы определяется следующей зависимостью [1]:

$$n = \frac{4,5 \div 5,2}{\sqrt{D}},$$

где D – внутренний диаметр мельницы.

В мельницу следует загружать такое количество шаров, чтобы во время ее работы шары каждого ряда совершали движение по своей траектории, не сталкиваясь с шарами других рядов. Величина загрузки мельницы шарами характеризуется *коэффициентом заполнения* ϕ . Он определя-

ется как отношение площади F_1 загрузки шарами поперечного сечения неподвижной мельницы ко всей площади F ее сечения:

$$\varphi = \frac{F_1}{F} = \frac{F_1}{\pi R^2}.$$

Коэффициент заполнения в зависимости от условий работы мельницы равен $\varphi = 0,2 \div 0,35$. Полную загрузку мельницы шарами можно подсчитать по формуле

$$G = \pi \rho R^2 L \varphi \mu,$$

где R – внутренний радиус футерованного барабана мельницы, м;

L – длина барабана, м;

ρ – насыпная плотность шаров; $\rho = 3,5 \div 4,0$ т/м³;

μ – коэффициент разрыхления загружаемого материала; $\mu = 0,5 \div 0,6$;

φ – коэффициент заполнения мельницы шарами.

С увеличением массы загружаемого материала производительность шаровой мельницы повышается, но удельная производительность на 1 кВт мощности уменьшается. Перегрузка мельницы шарами недопустима, так как вызывает перерасход электроэнергии и ускоренное изнашивание шаров и футеровки. При малой загрузке мельницы шарами ее производительность уменьшается. Длина барабана мельницы чаще всего составляет 1,5–2,0 ее диаметра.

Молотковая мельница (рис. 1.42). Конструктивно она во многом похожа на молотковую дробилку. Главное их отличие состоит в том, что мельница не имеет решетки в нижней части мельничной камеры, а продукт помола уносится из мельницы воздушным потоком с помощью встроенного вентилятора.

На приводном валу 9 жестко насажен ротор 4, на котором с помощью шарниров, так же как и в дробилках, подвешены в три ряда молотки 5, измельчающие материал. Для регулирования подачи материала в мельницу служит звездчатый питатель 2, вращение которого передается цепной передачей от привода.

Тонкость помола и производительность мельницы регулируются частотой вращения звездчатого питателя и изменением зазора между ножами крестовины 6 и стенкой мельницы. Частота вращения главного вала мельницы регулируется сменным шкивом в пределах 17–25 с⁻¹ в зависимости от сопротивления пневмотранспортной системы передачи молотого продукта.

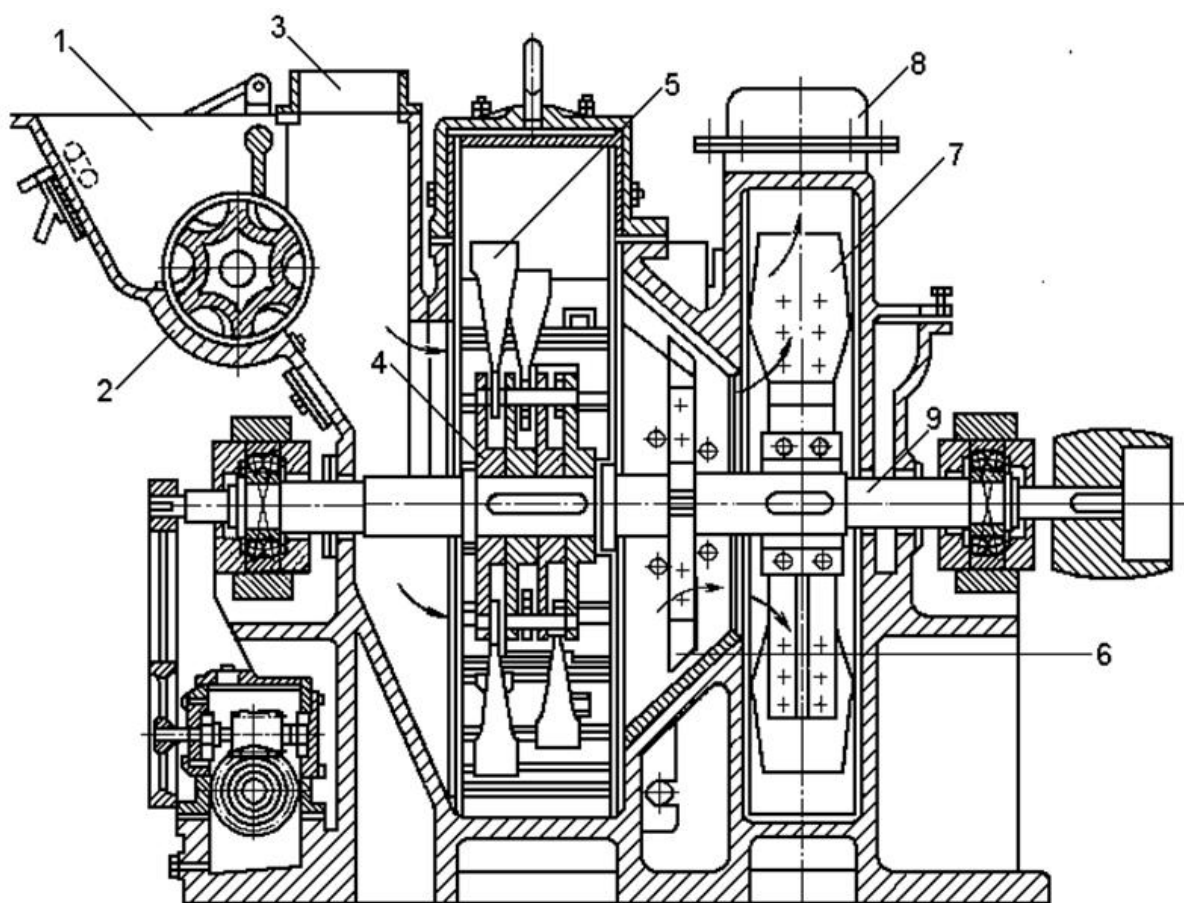


Рис. 1.42. Устройство молотковой мельницы:

1 – загрузочная воронка; 2 – звездчатый питатель; 3 – воздухозаборный патрубок;
4 – ротор; 5 – молотки; 6 – крестовина с ножами; 7 – вентилятор; 8 – выход аэросмеси;
9 – вал

Продукт помола уносится из мельницы воздухом по транспортному воздухопроводу в циклоны-осадители, где осаждается и выдается через затвор в приемный бункер, а отработанный запыленный воздух возвращается в мельницу. Часть воздуха из замкнутой рециркуляционной системы пневмотранспортера выбрасывается через фильтр в атмосферу, и такое же количество свежего воздуха, обычно подогретого, вводится в систему извне. Корпус мельницы изнутри имеет сменную футеровку в виде плит из стали.

Производительность таких мельниц невелика: для глины 1 т/ч, для угля 0,6 т/ч, но продукт помола получается высокой степени измельчения. Мельницы этого типа положительно зарекомендовали себя в эксплуатации, но пневматическая система отбора продуктов помола работает ненадежно.

Если вместо свободного подвешивания на шарнирах была закрепить на роторе мельницы жестко, то получится *крестовая мельница*. На

рис. 1.43 показана крестовая мельница для размалывания угля. На роторе мельницы имеются жестко закрепленные лопатки, которые размельчают материал. В остальном крестовая мельница аналогична по устройству шаровым или молотковым мельницам с воздушной сепарацией продукта размалывания. Производительность крестовой мельницы описанного типа (с диаметром ротора 850 мм и $n = 1500$ об/мин) составляет 2–2,5 т/ч (по бурому углю).

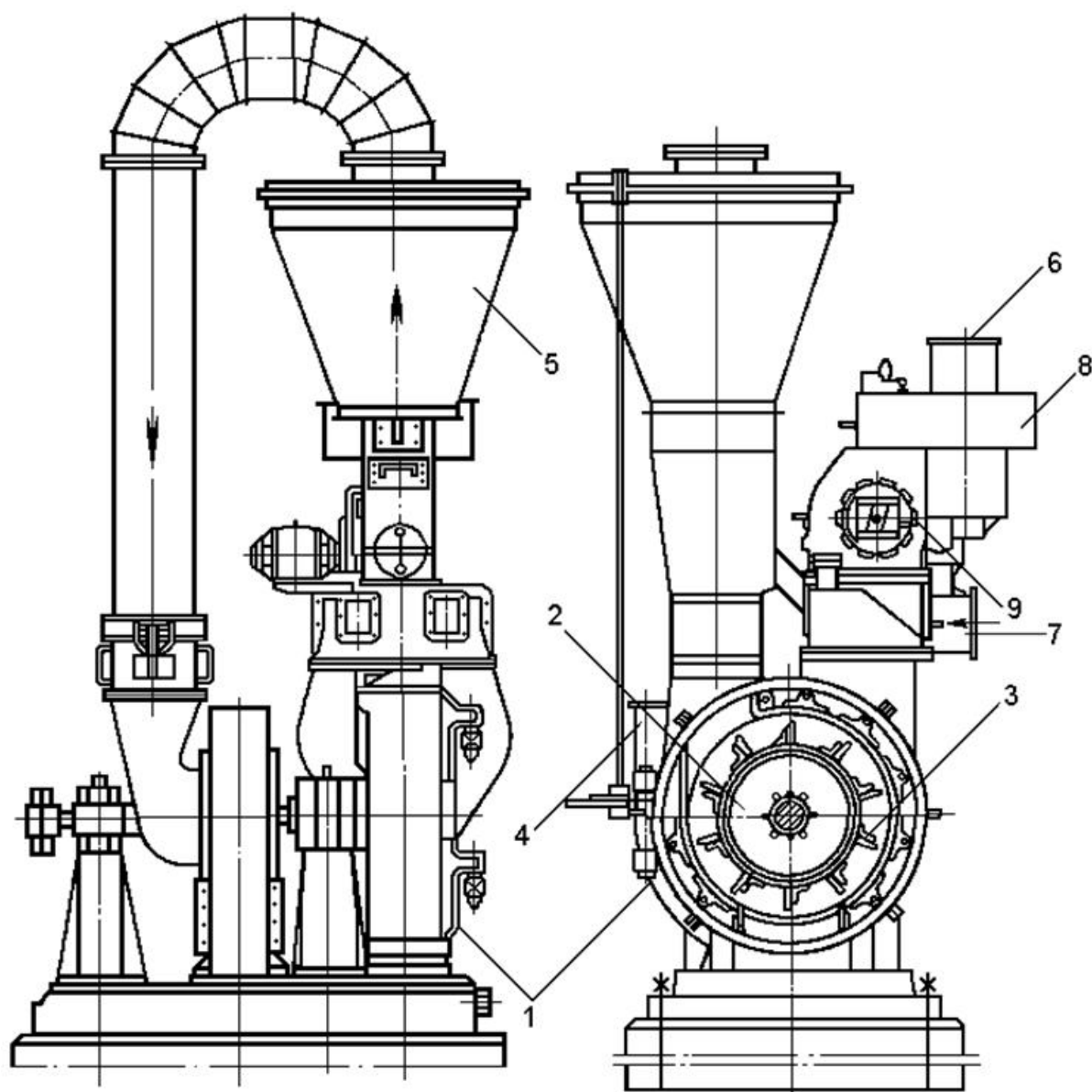


Рис. 1.43. Схема размалывающей установки с крестовой мельницей:
 1 – мельница; 2 – ротор; 3 – лопатки; 4 – вентилятор; 5 – проточный сепаратор;
 6 – загрузка угля; 7 – вход горячего воздуха; 8 – питатель сырого угля;
 9 – магнитный сепаратор

Мельница по типу бегунов. Чаша мельницы (рис. 1.44) вращается от привода и имеет форму конической тарелки со сменной рабочей частью. Над чашей находятся три катка, один из которых показан на рисунке. Катки также имеют коническую форму, однако вершина конуса катка не совпадает с вершиной конуса рабочей поверхности чаши. Вследствие этого качение катков по чаше происходит со скольжением и материал катками не только размалывается, но и истирается.

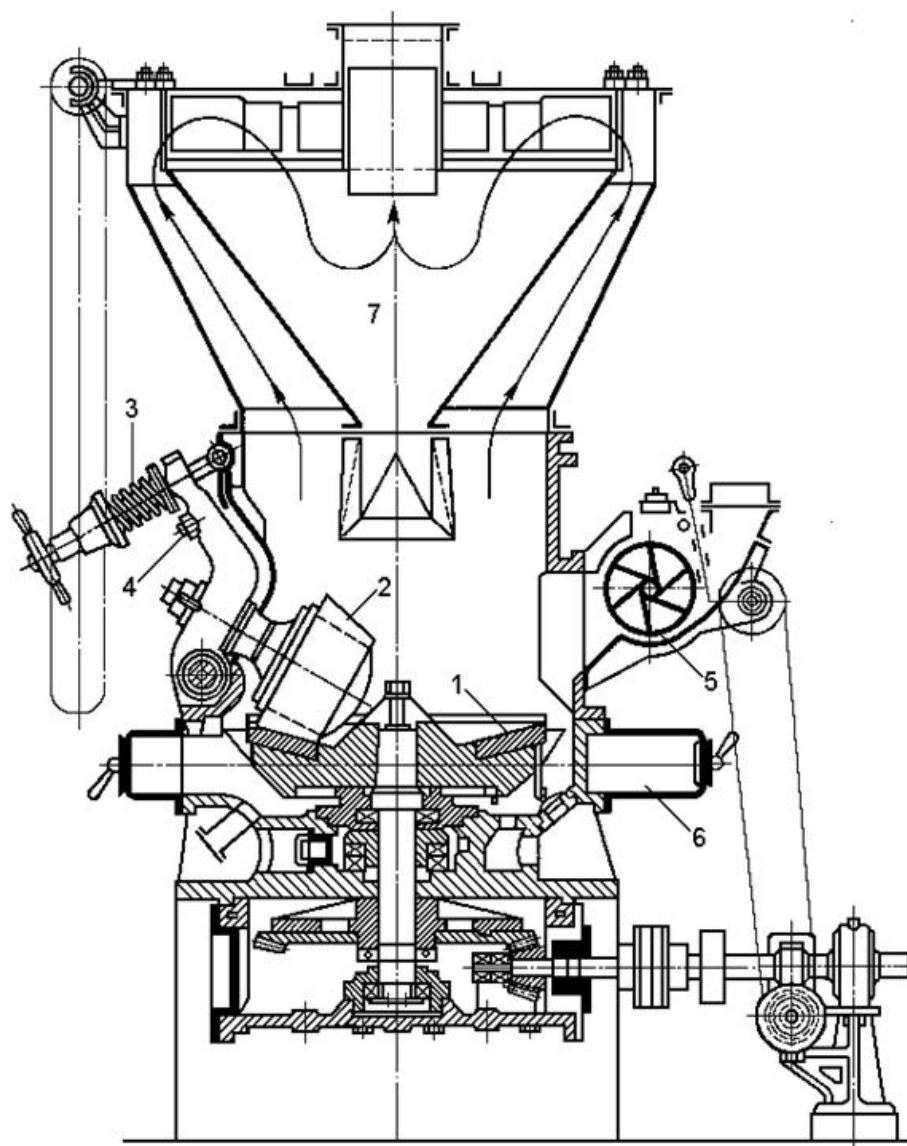


Рис. 1.44. Устройство мельницы по типу бегунов:

1 – чаша; 2 – каток; 3 – пружина катка; 4 – упорный винт; 5 – питатель; 6 – кожух, в который подводится воздух от вентилятора; 7 – проточный сепаратор

Оси катков смонтированы на рычагах, которые с помощью пружин с регулируемым натяжением прижимают катки к чаше. При помощи упорных винтов рычаги с катками можно установить так, чтобы между катком

и чашей оставался зазор определенного размера. Обычно катки устанавливают с постепенно уменьшающимися зазорами относительно чаши, считая от места загрузки материала в мельницу.

В спиральный кожух, имеющийся вокруг мельницы, вдувается тангенциально по трубе от вентилятора воздух, уносящий размолотый продукт в проточный сепаратор, встроенный в мельницу. В сепараторе отделяется недомол, падающий снова в мельницу. Далее поток направляется в циклон для осаждения готового помола. Часть воздуха из циклона выбрасывается в атмосферу, по пути проходя второй циклон или матерчатый фильтр для окончательного обеспыливания. Взамен этой части воздуха, удаляемой в атмосферу, в систему добавляются свежий воздух и топочные газы для подогрева воздуха в системе подсушивания размалываемого материала. Мельницы по типу бегунов хорошо зарекомендовали себя в работе.

Вибрационная мельница (рис. 1.45). Она имеет кожух, опирающийся на пружины и приводимый в колебательное движение с помощью вращающегося вала с дебалансом. Внутри кожуха загружают мелко раздробленный материал, подлежащий размалыванию, вместе с особыми мелющими телами, имеющими различную форму (цилиндрики, звездочки и др.). При вибрации мельницы мелющие тела производят тонкое размалывание материала, оказывая на его куски давление под действием инерционных сил. Разгрузка помола производится через выпускной патрубок кожуха мельницы, а загрузка – сверху через воронку.

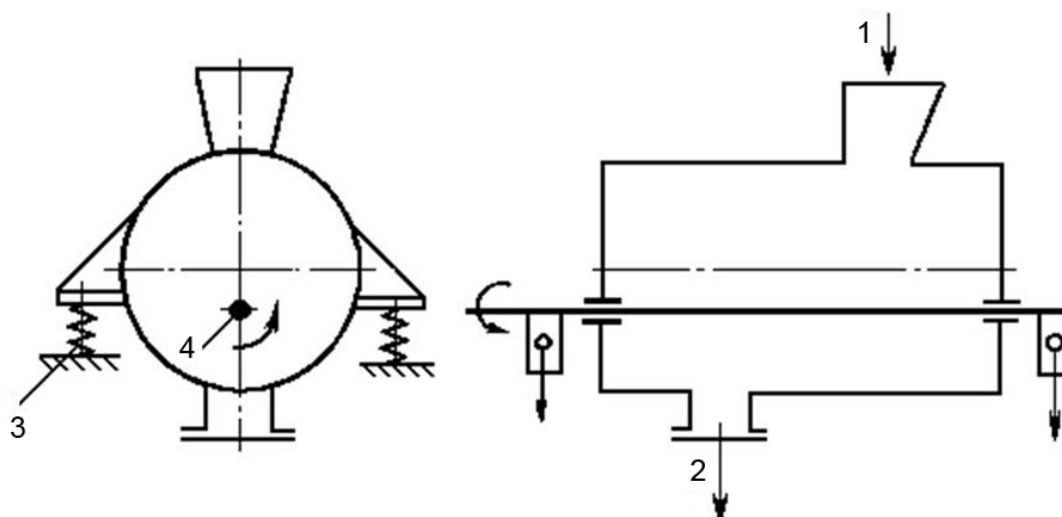


Рис. 1.45. Схема вибрационной мельницы:

1 – загрузка; 2 – выгрузка; 3 – амортизаторы; 4 – вал с дебалансом

В качестве примера приведем характеристику мельницы, установленной в литейном цехе Липецкого тракторного завода: объем загрузки 200 дм³; частота вращения вала 1500 об/мин; полуамплитуда колебаний мельницы $a = 3$ мм; мощность привода 14 кВт; размеры кусков загружаемого материала 2 мм; тонкость помола 10–20 мкм.

1.5. Оборудование для регенерации отработанных формовочных смесей

Расход свежих формовочных песков на тонну годных отливок составляет в среднем 0,8–1,5 т. Применение прогрессивных процессов формообразования, доля которых в последнее время значительно возросла, резко повышает расход высококачественных формовочных песков (обогащенные, кварцевые, цирконовые), который достигает 5–8 т на тонну годных отливок. Увеличиваются транспортные расходы по перевозке песка и площади, занятые под отвалы отработанных смесей, содержащих токсичные вещества (смолы, катализаторы).

Применение регенерации позволяет резко сократить расход формовочных песков, снизить уровень загрязнения окружающей среды. В настоящее время для регенерации отработанных формовочных и стержневых смесей используются следующие способы: гидравлический, пневматический, механический, термический, комплексный (термогидравлический, термомеханический и др.).

Гидравлический способ имеет ограниченное применение, так как не обеспечивает очистку песка от органических пленок. Для КАМАЗа разработан комплексный термогидравлический способ, который устраняет этот недостаток. Однако термогидравлический способ также имеет ряд недостатков, среди которых значительный расход воды, сложность очистки ее от вредных примесей, большая величина занимаемых площадей и высокие энергозатраты. Методы сухой регенерации более экономичны и позволяют получить регенерат, по качеству соответствующий требованиям технологии формообразования.

Комплексный способ (термомеханический) дает возможность получить песок, по качеству аналогичный песку, получаемому термогидравлическим способом, при меньших энергозатратах.

Гидрорегенерация оправдана для цехов, имеющих гидравлическую или электрогидровывивку либо системы гидрошламоудаления с полями-отстойниками.

1.5.1. Гидрорегенерация песка отработанной смеси

На участок регенерации доставляются оборотные и отвалынные формовочные смеси, содержащие глину и жидкое стекло. Эти смеси поступают в виде пульпы, образующейся при удалении стержней в гидравлических камерах или электрогидравлических установках. В результате регенерации получают сухой регенерированный песок, соответствующий по качеству свежему песку (до 1 % глинистой составляющей); оборотную воду; металлические и неметаллические сухие отходы с размером частиц более 4 мм; мелкие пылевидные отходы в виде сгущенного шлама. Подготовленная пульпа проходит пульпоотделитель 1 и поступает на промывочные линии, на каждой из которых промывается и обезвоживается сначала в конусных 2, а затем в спиральных 3 классификаторах, после чего попадает в оттирочную машину 4 уже с соотношением жидкой и твердой фаз 3 : 1 (рис. 1.46). Наиболее важным оборудованием узла гидрорегенерации является оттирочная машина, в которой удаляются оболочки, плотно приставшие к зернам песка.

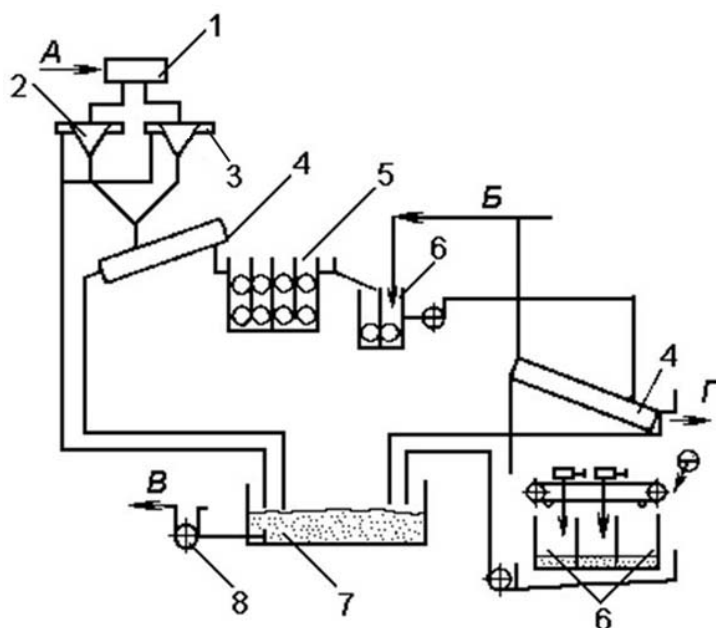


Рис. 1.46. Схема узла гидрорегенерации песка:

А – пульпа; *Б* – осветленная вода; *В* – сливная вода; *Г* – регенерат на сушку

Очищенный песок после промывки его чистой водой в агитчане 5 вновь подвергается классификации и обезвоживанию последовательно в двух спиральных классификаторах 3 и направляется в дренажные закрома 6 для удаления оставшейся воды. Перед употреблением регенерирован-

ный песок влажностью 6–8 % необходимо подвергать сушке в сушилах, установленных в регенерационном отделении, либо в сушилах для сушки свежего песка.

Сливные и дренажные воды с содержанием около 1 % твердых составляющих собираются в баке 7 и насосом 8 перекачиваются в узел осветления воды, который размещается на складе формовочных материалов или в отдельном здании. В этом узле вода сначала отстаивается, происходит ее предварительное осветление, затем часть воды может быть направлена в узел переработки отвалных смесей, а остальная вода проходит через камеру реакции и поступает на реагентную очистку.

Полностью осветленную воду можно использовать для выбивки стержней в гидрокамерах и для промывки регенерата на последних стадиях классификации. В качестве реагентов, очищающих воду, применяют сернокислый алюминий и полиакриламид.

Твердые частицы, удаляемые в виде шлама из пескоуловителей осветлителей с соотношением жидкой и твердой фаз 7 : 1, транспортируются в узел осветления воды.

Шлам из пескоуловителей сгущается в спиральном классификаторе, а шлам из осветлителей смешивается с раствором полиакриламида, поступающим из узла осветления, и обезвоживается в шнековой центрифуге. Весь сгущенный шлам из пескоуловителей и осветлителей влажностью до 50 % собирается в общий заком и вывозится в отвал.

1.5.2. Термическая регенерация песка

При термической регенерации отработанная смесь прокаливается при 550–800 °С в специальных печах с последующим охлаждением и воздушной сепарацией. На рис. 1.47 в качестве примера показана схема установки для термической регенерации с использованием теплоты ваграночных газов.

Отработанная смесь подается в вертикальную колонну круглого сечения из листовой стали, выложенную жароупорным кирпичом. Колонна состоит из двух камер – верхней обжигательной 3 и нижней охлаждающей 4. Через верхнюю камеру постоянно протекают горячие газы, отсасываемые из вагранки 2 вентилятором 9 через патрубок, которые и нагревают отработанную смесь. В нижней камере смесь охлаждается воздухом, поступающим от вентилятора 5 через камеру 4 и воздухопровод 1 к фурменному

поясу вагранки. Нагретый при охлаждении смеси воздух, таким образом, вновь используют для ваграночного дутья. Камера охлаждения заканчивается бункером с затвором 6, через который смесь поступает либо на ленточный конвейер 7, либо для повторной обработки элеватором 8.

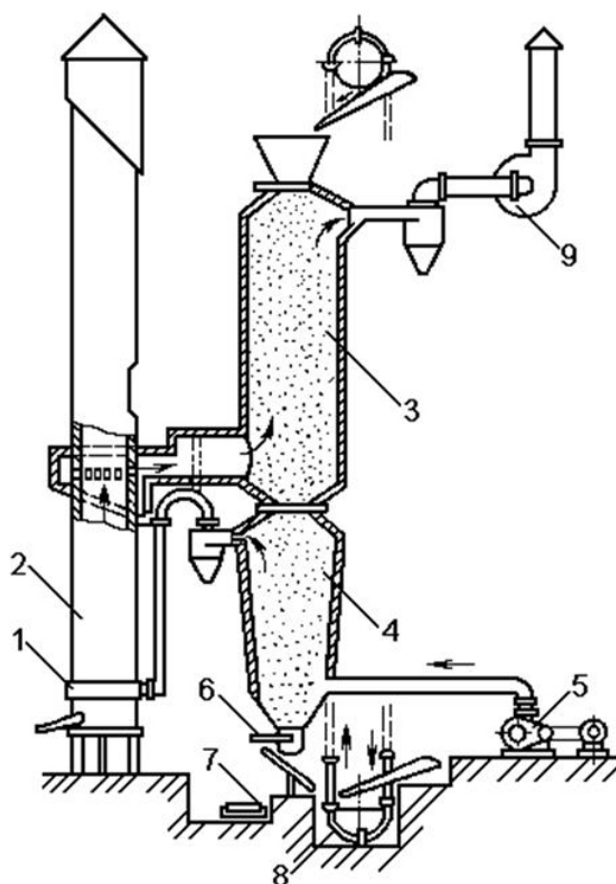


Рис. 1.47. Схема установки для термической регенерации песка отработанной смеси

На рис. 1.48 приведена линия термической регенерации песка РТ-1, разработанная в Конструкторско-технологическом институте автоматизации и механизации в автомобилестроении (КТИАМ, Челябинск). Она состоит из аппарата термической регенерации, аппарата охлаждения, системы подвода воздуха к аппарату термической регенерации, системы подачи воздуха на горелки для сжигания газа, системы подвода воды к теплообменнику аппарата охлаждения, электрооборудования с системой контрольно-измерительных приборов и автоматики и системы очистки отходящих газов, состоящей из циклонов и пылеуловителя.

Схема аппарата термической регенерации приведена на рис. 1.49. Он состоит из камеры кипящего слоя и охлаждающей камеры. Отработанная

формовочная смесь, очищенная от металлического скрапа и измельченная, подается через загрузочное устройство в камеру кипящего слоя, где приводится в кипящее состояние за счет подачи воздуха из рекуператора под воздухораспределительную решетку. Связующее, покрывающее зерна песка, под действием высокой температуры (700–800 °С) выгорает. Продукты сгорания удаляются из аппарата через систему очистки отходящих газов.

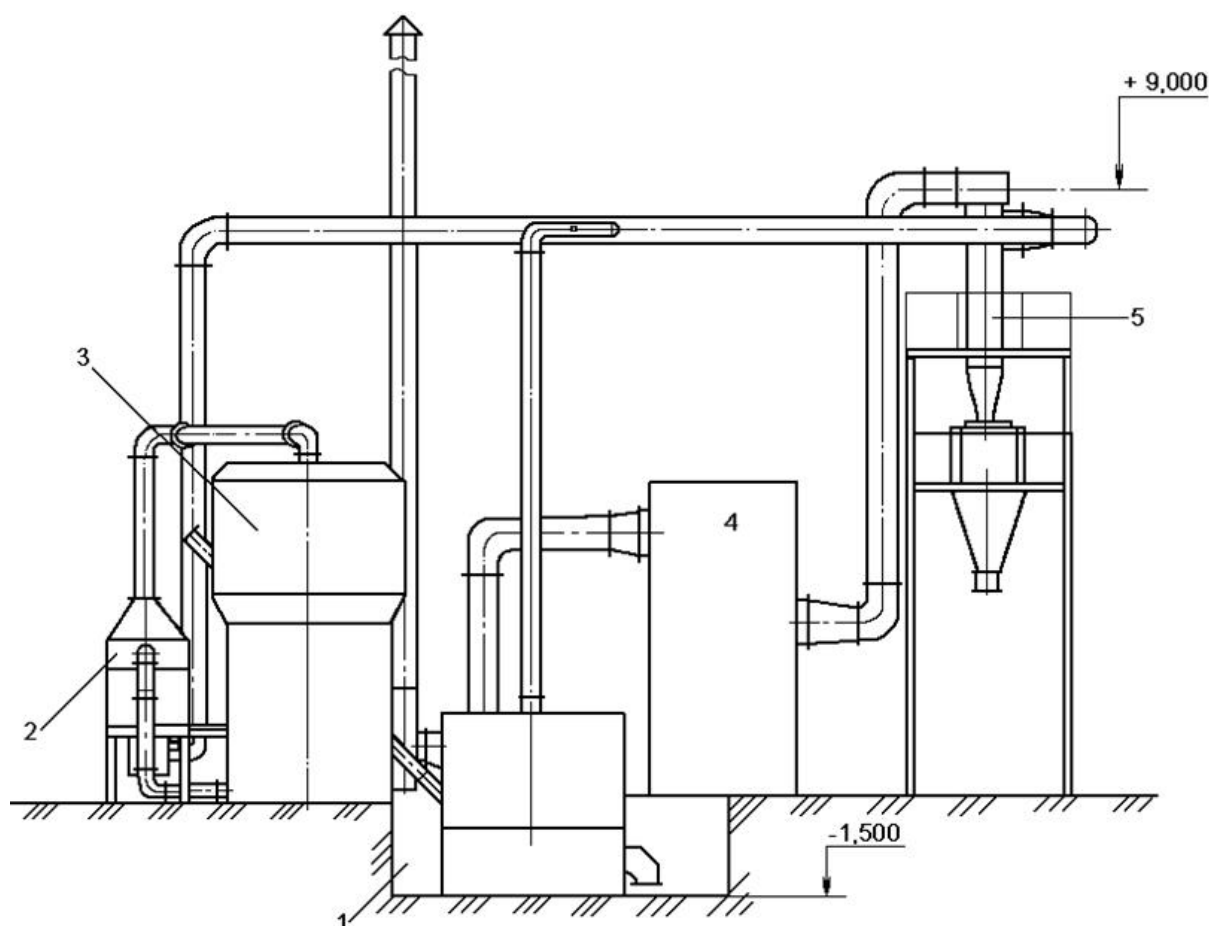


Рис. 1.48. Схема линии термической регенерации РТ-1:

1 – аппарат охлаждения; 2 – рекуператор; 3 – аппарат термической регенерации;
4 – пылеуловитель; 5 – установка циклонов

Регенерированный песок через выходную точку подается в аппарат охлаждения, который состоит из двух камер: рабочей и охлаждающей. В рабочей камере установлены решетки для образования кипящего слоя и равномерного распределения песка по всей площади аппарата. Над решетками находятся водяные трубчатые теплообменники для дополнительного охлаждения песка. Охлаждающая камера имеет загрузочную точку, гляделку и люк для обслуживания аппарата. Горячий регенерат через за-

грузочную течку подается в аппарат охлаждения на решетку, где приводится в кипящее состояние. Частицы песка в процессе кипения охлаждаются. Охлажденный регенерат выгружается через разгрузочную течку. Пыль из аппарата удаляется в систему газоочистки.

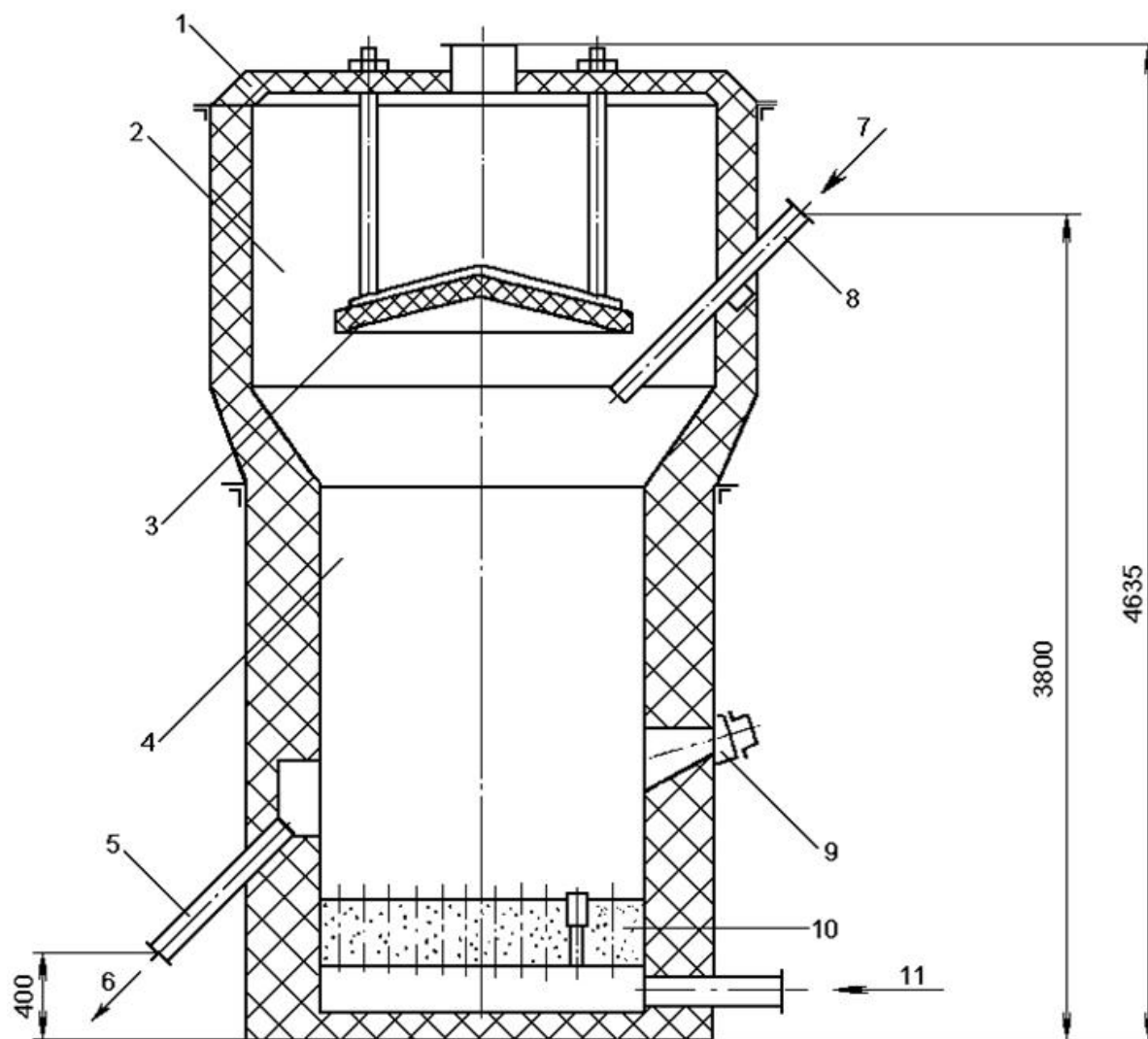


Рис. 1.49. Схема аппарата термической регенерации РТ-1:

1 – крышка; 2 – охлаждающая камера; 3 – зонт; 4 – камера кипящего слоя; 5 – патрубок выгрузки; 6 – выгрузка материала; 7 – загрузка материала; 8 – загрузочный патрубок; 9 – горелка; 10 – воздухораспределительная решетка; 11 – подвод воздуха

Основные параметры линии: оптимальная производительность 1,0 т/ч; исходная крупность отработанной формовочной смеси 6 мм; расход природного газа 24 м³/ч; расход воды 600 м³/ч; установленная мощность линии 40 кВт, аппарата термической регенерации – 5,5 кВт; температура песка на выходе из аппарата термической регенерации 650–750 °С.

1.5.3. Пневматическая регенерация песка

Установки пневматической регенерации располагают в технологическом потоке регенерации оборотной песчано-глинистой или холодно-твердеющей смеси (ХТС), где также имеются и железоотделители, и дробилки, и сита. В установках пневматической регенерации происходит одновременно обеспыливание и охлаждение песка.

Установка пневматической регенерации (рис. 1.50) проста по конструкции и компактна. В этой установке воздух используется как движущая сила, а зерна песка благодаря их абразивности, соприкасаясь в движении, очищаются от неактивной пленки.

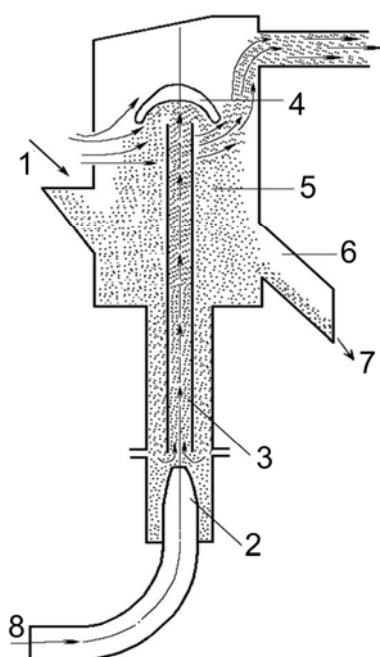


Рис. 1.50. Схема пневматического регенератора

Воздух 8 от вентилятора высокого давления подается к соплу 2, на выходе которого он приобретает высокую скорость истечения. В результате этого песок вместе с воздухом эжектируется (увлекается) в трубу 3, где его скорость еще возрастает. Благодаря столкновению песчинок друг с другом в процессе движения по трубе эжектора 3, а также в результате удара песчинок о конический экран 4 происходит срыв неактивной оболочки связующего с поверхности зерен песка. Частично регенерированный песок 7 из коллектора 5 разделяется на два потока: один направляется по желобу 6 в следующую аналогичную камеру (их может быть последовательно соединено от двух до восьми), а другой в нижнюю часть коллектора и опять увлекается воздухом в трубу 3. Одновременно с перетеканием песка в последующую камеру идет непрерывная загрузка не регенерированного песка 1.

В установке предусмотрена возможность регулирования производительности и силы удара песчинок о конический экран путем изменения давления воздуха в трубе. В ней имеются классификатор песка каскадного типа и вращающееся сито.

Пневматические регенерационные установки обычно снабжены мощными эффективными пылеочистными вентиляционными установками. Благодаря простоте конструкции и надежности в эксплуатации пневматические регенерационные установки находят все большее применение. Недостаток этого способа регенерации состоит в том, что происходит частичное дробление песка.

1.5.4. Механическая регенерация песка

Способ механической регенерации основан на принципе очистки зерен песка в кипящем слое вращающимися ударными лопатками (стойкость лопаток составляет 1000–1500 ч). При этом с поверхности песчинок оттирается часть пленок связующего, которые в виде пыли выдуваются воздухом и удаляются в систему очистки. При механической регенерации отработанных песчано-глинистых и жидкостекольных смесей необходимо производить предварительную сушку отработанной смеси до влажности 0,5 %. Выход годного регенерата в зависимости от вида смеси составляет 85–90 %.

На рис. 1.51 показана линия регенерации отработанных песчано-глинистых и жидкостекольных смесей на базе аппарата механической регенерации РМ-5М, разработанная в КТИАМ.

Линия состоит из аппарата сушки отработанной смеси 1; элеватора 2; аппарата механической регенерации РМ-5М 3; сита механического 4; конвейера 5; системы очистки отходящих от аппарата сушки газов, включающей циклоны 6, пылеуловитель 7; системы очистки отходящих от аппарата механической регенерации газов, включающей циклоны 6 и рукавные фильтры 8; вентилятора 9.

При увеличении производительности для этих же смесей в два раза применяется схема со сдвоенными аппаратами РМ-5М.

Для регенерации песков из холоднотвердеющих смесей используется линия без сушила (рис. 1.52), которая состоит из аппарата РМ-5М 1; сита механического 2; конвейера 3; системы очистки отходящих газов, включающей циклоны 4, рукавные фильтры 5; вентилятора 6.

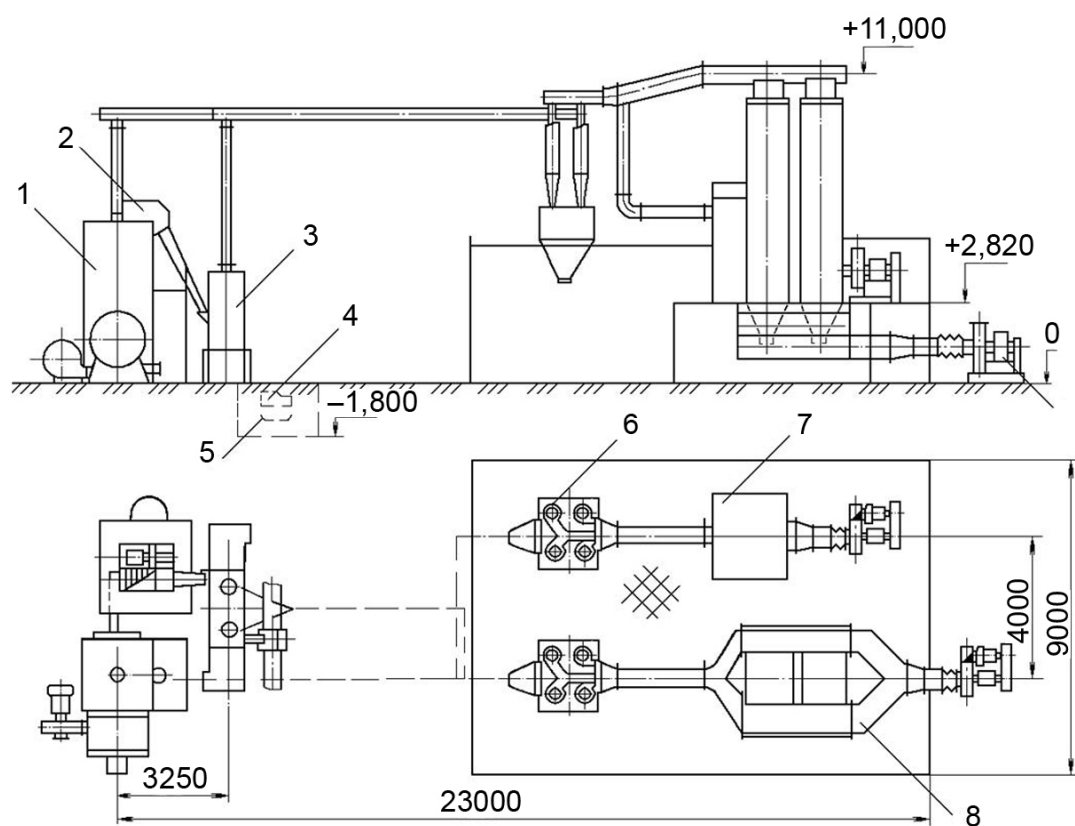


Рис. 1.51. Схема линии механической регенерации песчано-глинистых и жидкостекольных смесей

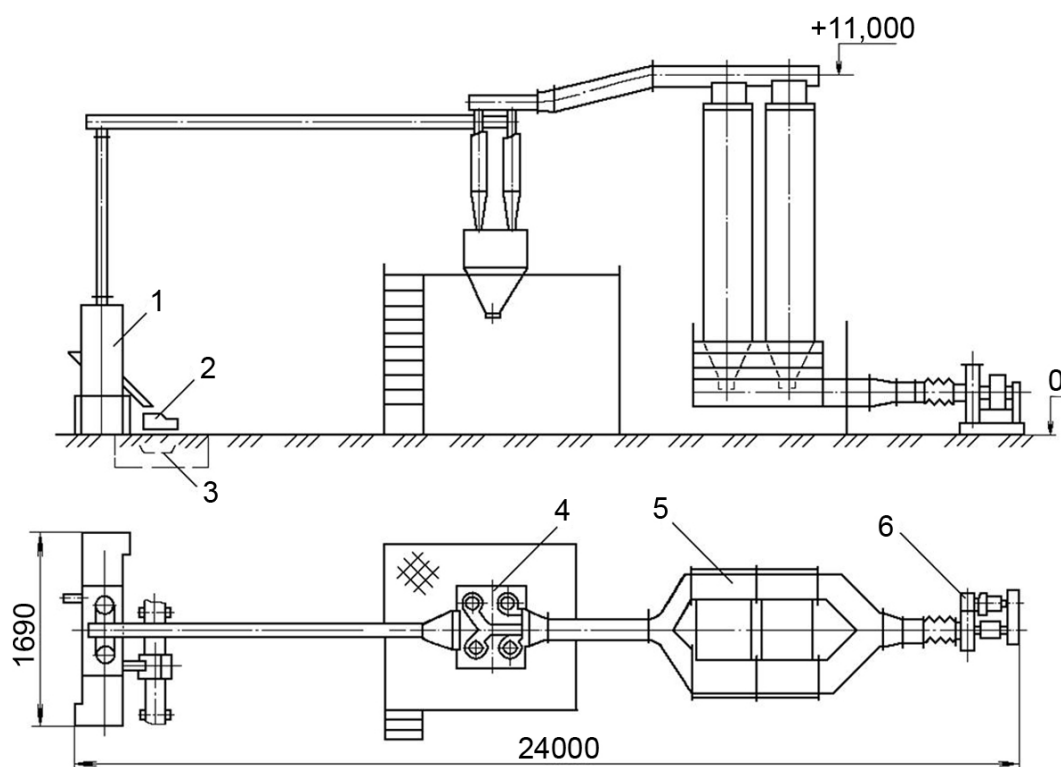


Рис. 1.52. Схема линии механической регенерации ХТС

Производительность линий механической регенерации приведена в табл. 1.1. В табл. 1.2 даны рекомендации по выбору способа регенерации в зависимости от вида и особенностей исходной формовочной смеси.

Таблица 1.1

Производительность линий механической регенерации
на базе аппарата РМ-5М

Показатель	Вид отработанной смеси		
	Песчано-глинистая	Жидкосте- кольная	Холодно- твердею- щая
Производительность линии, т/ч:			
при одном аппарате	4,0	2,5	5,0
при двух аппаратах	8,0	5,0	10,0

Таблица 1.2

Рекомендации по выбору способа регенерации отработанной смеси

Исходные смеси	Особенности смесей	Способ регенерации	Назначение регенерата
1	2	3	4
Холоднотвердеющие смеси с органическими связующими	Смеси, не содержащие плавящиеся при температуре регенерации добавки Смеси, содержащие плавящиеся добавки	Термический Механический	Изготовление всех видов форм и стержней Изготовление ХТС
Горячетвердеющие смеси с органическими связующими, в том числе брак стержней	Смеси, содержащие плавящиеся добавки	Термический	Изготовление всех видов форм и стержней
Жидкостекольные смеси	Жидкие наливные самотвердеющие смеси с жидким стеклом в качестве связующего, пенообразователем и отвердителем	Высокотемпературная сушка и механическая регенерация	Изготовление жидкостекольных смесей

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4
	<p>Пластичные самотвердеющие смеси с жидким стеклом и отвердителем</p> <p>Смеси, содержащие в качестве связующего жидкое стекло и отверждаемые продувкой углекислым газом</p> <p>Смеси с жидким стеклом, отверждаемые тепловой сушкой</p> <p>Жидкостекольные смеси с жидким и газообразным отвердителями – пропиленкарбонатом (сложным эфиром угольной кислоты) и пропиленгликолем</p>	<p>Высокотемпературная сушка и механическая регенерация</p> <p>То же</p> <p>»</p> <p>»</p>	<p>Изготовление пластичных самотвердеющих смесей</p> <p>Изготовление жидкостекольных смесей</p> <p>То же</p> <p>»</p>
Песчано-глинистые смеси	<p>Смеси, содержащие до 20 % отработанных стержневых смесей с органическими связующими</p> <p>Смеси, содержащие более 20 % стержневых смесей с органическими связующими</p>	<p>Сушка и механическая регенерация</p> <p>Термомеханический</p>	<p>Освежение единичных формовочных смесей</p> <p>Изготовление облицовочных песчано-глинистых смесей</p> <p>Изготовление всех видов форм и стержней</p>
Отработанные смеси после заливки газифицированных моделей	Наличие в песке продуктов разложения полистирола	Охлаждение, обеспыливание и частичная терморегенерация	Использование песка в обороте для литья по газифицируемым моделям
Отработанные смеси и стержни после вакуумно-пленочной формовки	Содержание в отработанном песке органических остатков от частично перегоревших стержней	Охлаждение, обеспыливание и частичная терморегенерация	Использование песка в обороте для вакуумно-пленочной формовки

Способ механической регенерации позволяет осуществлять частичную регенерацию песка и может применяться для обогащения формовочной смеси. Для более полной регенерации используется комбинированная термомеханическая обработка отработанных смесей.

1.5.5. Термомеханическая регенерация песка

На основе компоновки линий термической и механической регенерации отработанных смесей в КТИАМ разработана линия комбинированной термомеханической регенерации, которая совмещает в себе два типа регенерации отработанных смесей.

Процесс заключается в последовательной обработке смеси в установках механической, термической и вновь механической регенерации. На *первом этапе* (механическая регенерация) происходит частичное удаление глины и органической составляющей, на *втором этапе* (термическая регенерация) – окончательное удаление органической составляющей, на *третьем этапе* (повторная механическая регенерация) – полное удаление глинистой составляющей (шамотизированной глины).

1.5.6. Установки для сепарации мелкодисперсных материалов

В литейных цехах при подготовке исходных формовочных материалов значительное место занимает процесс *сепарации*, т. е. разделения мелкодисперсных материалов по фракциям. Например, при помоле глины или песка необходима сепарация продукта; при переработке и подготовке отработанных формовочных смесей также широко используют сепарацию – удаление мелких фракций песка.

При сепарации отработанных формовочных смесей, в отличие от регенерации, не восстанавливается качество исходного материала (не удаляется инертная пленка с поверхности песчинок), а только обеспечивается его обеспыливание.

Наиболее распространены пневматический и электростатический способы сепарации отработанных смесей.

В *пневматическом сепараторе* (рис. 1.53, а) мелкодисперсный материал вместе с воздухом по трубопроводу 1 вдувается со скоростью 18–20 м/с в пространство между наружным 2 и внутренним 3 конусами. Вслед-

ствии значительного увеличения проходного сечения скорость воздушного потока снижается до 4–6 м/с, и крупные частицы смеси выпадают из него и отводятся через патрубок 6. Мелкие частицы, продолжая движение в воздушном потоке, поступают внутрь конуса 3 и, минуя на своем пути тангенциально установленные лопатки 4, ударяются о них, переходя во вращательное движение. При этом возникают центробежные силы инерции, под действием которых происходит вторичное отделение крупных частиц, выпадающих в патрубок 6. Тонкие частицы вместе с воздухом через патрубок 5 выходят из сепаратора и направляются либо в фильтр для очистки воздуха, либо во второй сепаратор для отделения второй более мелкой фракции. Регулировать процесс сепарирования по размеру частиц можно путем изменения положения лопаток 4.

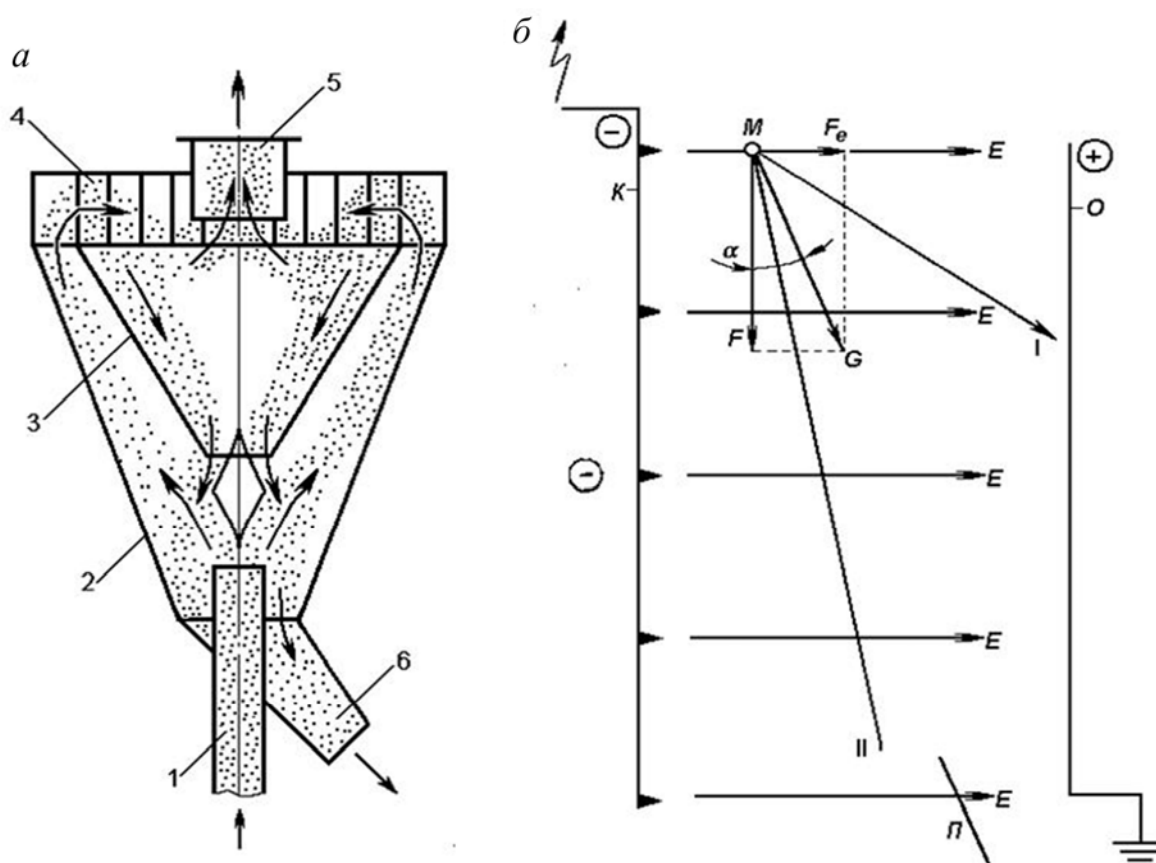


Рис. 1.53. Схемы сепараторов:

a – пневматического; *б* – электростатического; *I* – зона мелких частиц; *II* – зона крупных частиц

Один из главных недостатков пневматических сепараторов – потребность в фильтрах для очистки воздуха.

Электростатический сепаратор обеспечивает более высокую эффективность. Сущность электростатического способа сепарации заключается в изменении траектории движения частиц под действием электрического поля (рис. 1.53, б). Частица M , попадая в электрическое поле напряженностью E между коронирующим электродом K и осадительным O , заряжается и под действием силы F движется по траектории, отклоненной от вертикали на угол α . Угол α зависит от отношения электрической силы F_e , действующей на частицу, к ее силе тяжести G и обратно пропорционален размеру частицы. Поэтому мелкие частицы отклоняются больше, а крупные – меньше. Если на пути отклоняемых частиц поставить перегородку II , то таким способом можно отделить зону I с мелкими частицами от зоны II с крупными частицами.

В целях повышения производительности и качества сепарации сепарационную установку выполняют многосекционной: секции располагаются одна над другой, через них движется поток частиц. Габаритные размеры этих секций напряженностью E постоянного тока (до 50 кВ), подаваемого на электроды, зависят от физических свойств частиц материала (размер, плотность, диэлектрическая постоянная) и технологических требований к процессу сепарации (степень обеспыливания материала или частота заданной фракции по крупности частиц).

Электростатические сепараторы конструктивно просты. Например, коронирующий электрод K представляет собой профильный угольник с заостренными полками (материал – сталь Ст.3). Такие угольники прикрепляют к вертикальным стойкам из профильной стали на расстоянии 6–10 см друг от друга в количестве от двух до шести. Осадительный электрод O представляет собой стальной лист толщиной 2–5 мм либо наклонно расположенные стальные полосы в виде жалюзи для улавливания крупных частиц. Все эти элементы собирают в секции шириной и длиной 0,5–0,7 м, высотой 0,4–0,6 м.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите технологическую схему приготовления формовочной смеси.
2. Приведите схему смесеприготовительного хозяйства механизированного цеха и охарактеризуйте оборудование склада формовочных материалов.

3. Перечислите основные операции и группы оборудования для подготовки оборотной формовочной смеси.

4. Укажите основное оборудование для складирования формовочных материалов.

5. Приведите пример технологической схемы обработки сырьевых материалов. Дайте ее обоснование.

6. Какие типы бункеров применяются для хранения формовочных материалов и смесей? Как рациональнее выбрать сечение выпускного отверстия бункера?

7. Какими способами можно предупредить зависание смесей в бункерах?

8. Каково назначение затворов, дозаторов, питателей? Приведите их классификацию. В каких случаях они применяются?

9. Назовите типы магнитных сепараторов.

10. Назовите транспортные устройства для сыпучих материалов и формовочных смесей.

11. Укажите основные характеристики и принцип работы устройств для сушки и охлаждения сыпучих материалов,

12. Назовите типы дробильного оборудования и приведите пример технологической схемы дробления материала.

13. Как классифицируют сита? Охарактеризуйте их устройство.

14. Назовите виды регенерации отработанной формовочной смеси. Дайте характеристику оборудования.

15. Укажите оборудование для гомогенизации и охлаждения оборотной смеси.

16. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите производительность дробилки и потребную для дробления мощность. Используйте примеры расчета 7, 8 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1 и 2 прил. 2.

Глава 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

2.1. Классификация смешивающих устройств

Технологические свойства формовочных смесей зависят от равномерности распределения связующего по объему смеси, а также от того, насколько равномерно зерна песка покрыты оболочкой связующего. Чем равномернее распределены составляющие смеси по ее объему, тем более высокими технологическими свойствами она обладает. Равномерность распределения составляющих смеси и создание оболочек связующего вокруг зерен песка достигаются в процессе смешивания.

Процесс смешивания формовочных материалов условно можно разделить на два этапа: смешивание составляющих смеси и обволакивание зерен песка связующим.

В процессе смешивания механизм смесителя создает по всему объему организованный поток составляющих смеси. Внутри этого потока отдельные частицы, соударяясь, движутся беспорядочно. При таком движении составляющие смеси распределяются по ее объему более или менее равномерно в зависимости от скорости их движения, времени смешивания, конструкции смесителя и т. д.

По характеру работы выделяют смесители периодического и непрерывного действия. В смесителях периодического действия материал смешивается отдельными порциями (замесами). Каждая новая порция может быть загружена в смеситель лишь после выгрузки из него предыдущего замеса. В смесителях непрерывного действия загрузка, смешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и непрерывно. Эти смесители более производительны и экономичны по сравнению со смесителями периодического действия. Они в наибольшей степени отвечают требованиям полной автоматизации процесса приготовления смеси.

По конструктивным признакам смесители подразделяют на катковые, центробежные (маятниковые), лопастные и барабанные. Для получения песчано-глинистых смесей наиболее часто применяют катковые бегуны (бегуны с вертикальными катками) и центробежные смесители. Для приготовления холоднотвердеющих смесей чаще используют лопастные или шнековые смесители.

2.2. Катковые смесители

2.2.1. Принцип работы каткового смесителя

Расчетная схема каткового смесителя приведена на рис. 1.54. Перекачивание катка по слою смеси h_1 , расположенному на днище смесителя, возможно при определенном соотношении его диаметра D_k и высоты слоя смеси h_2 : при малом значении h_2 будет низкой производительность бегунов, а при очень большом значении h_2 каток станет сдвигать смесь перед собой, не перекачиваясь через нее. Сила трения (сцепления) между катком и смесью также влияет на параметры D_k и h_2 . Соотношение этих параметров можно определить из схемы сил, действующих на границе «каток – смесь».

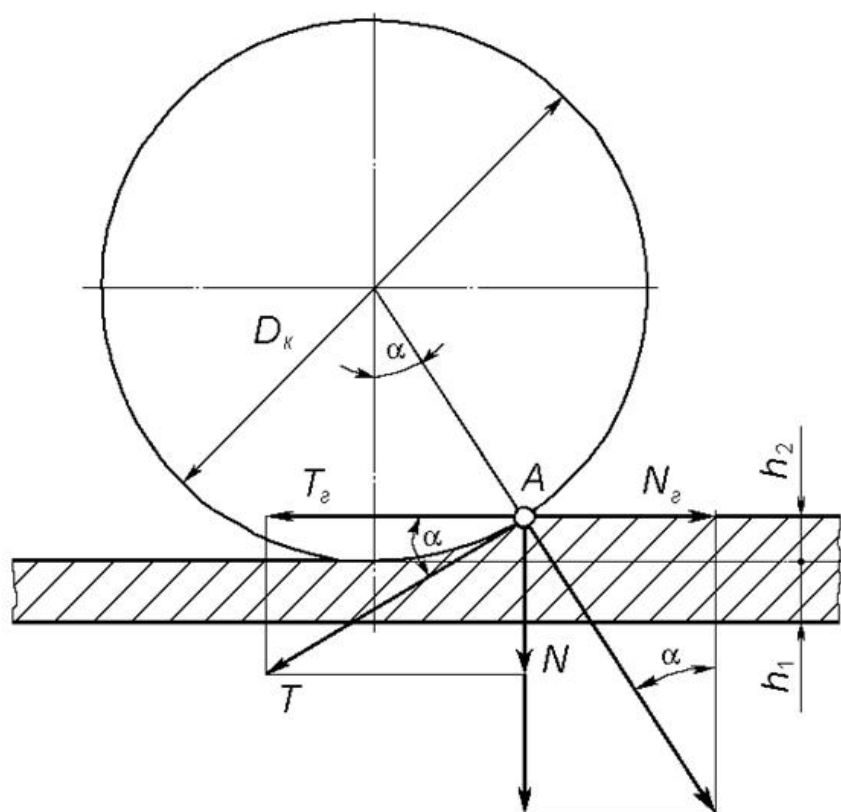


Рис. 1.54. Расчетная схема каткового смесителя

В точке A действуют две основные силы: сила нормального давления катка на смесь N , направленная по радиусу, и перпендикулярная ей сила трения T между катком и смесью, определяемая соотношением

$$T = fN, \quad (1.6)$$

где f – коэффициент трения между катком и смесью; $f = 0,6 \div 0,7$.

Разложим силы N и T , тогда из полученных прямоугольников будем иметь

$$N_{\Gamma} = N \cdot \sin \alpha, \quad (1.7)$$

$$T_{\Gamma} = T \cdot \cos \alpha,$$

где N_{Γ} – горизонтальная составляющая силы нормального давления;

α – угол захвата;

T_{Γ} – горизонтальная составляющая силы трения.

Каток будет захватывать смесь и перекачиваться по ней только в том случае, если

$$T_{\Gamma} \geq N_{\Gamma}. \quad (1.8)$$

Подставив значения T_{Γ} , N_{Γ} и T из формул (1.6) и (1.7) в выражение (1.8), получим

$$f \geq \operatorname{tg} \alpha.$$

Приняв $f = 0,7$, получим $\alpha < 35^{\circ}$. Зная угол α , путем простого геометрического построения легко найдем высоту слоя:

$$h_2 \leq (1 - \cos \alpha) \frac{D_{\kappa}}{2},$$

откуда

$$D_{\kappa} \geq \frac{2h_2}{1 - \cos \alpha}.$$

При $\alpha = 35^{\circ}$ $D_{\kappa} \geq (11 \div 12) h_2$.

Толщину слоя h_1 обычно принимают равной 20–25 мм.

Мощность привода смесеприготовительных устройств зависит от массы замеса, свойств смеси, площади чаши, расположения и числа плужков, размеров катков и места их установки, частоты вращения вертикального вала и других факторов. Мощность привода катковых смесителей (бегунов) обычно выражается зависимостью

$$N = N_{\text{х.х}} + (N_{\text{пл}} + N_{\text{кач}} + N_{\text{ск}})(1 - \beta_{\text{пот}}),$$

где $N_{\text{х.х}}$ – мощность холостого хода, определяемая коэффициентом полезного действия электродвигателя и потерями на трение в механизмах устройства; для серийно выпускаемых бегунов $N_{\text{х.х}} = 2,5 \div 3,0$ кВт;

$N_{\text{пл}}$ – мощность, необходимая для перемещения плужков; $N_{\text{пл}} = 3 \div 4$ кВт;

$N_{\text{кач}}$ – мощность, необходимая для качения катков по смеси; $N_{\text{кач}} = 15 \div 30$ кВт;

$N_{\text{ск}}$ – мощность, необходимая для преодоления трения скольжения катков по смеси; $N_{\text{ск}} = 1,5 \div 3,0$ кВт;

$\beta_{\text{пот}}$ – коэффициент относительной мощности дополнительных потерь, пропорциональных нагрузке; рекомендуется принимать $\beta_{\text{пот}} = 0,03 \div 0,05$.

2.2.2. Нормальные смешивающие бегуны периодического действия

Нормальные смешивающие бегуны системы Симпсона (рис. 1.55) имеют неподвижную чашу и два гладких катка, которые катятся по слою смешиваемого материала, загруженного в чашу, описывая круги вокруг собственной оси [1]. При помощи плужков смешиваемый материал направляется под катки.

Катки смешивающих бегунов смонтированы на кривошипях, что дает им возможность приподниматься при попадании под них случайных твердых комьев и пропускать их. Кривошпы катков имеют кронштейны с упорными регулируемыми винтами, упирающимися в траверсу. Эти винты ограничивают перемещение катков вниз и тем самым устанавливают величину минимального зазора между катками и дном чаши, что препятствует дроблению зерен песка.

Нормальные смешивающие бегуны являются смесителями периодического действия. В непрерывной смесеприготовительной системе перед ними устанавливаются бункера с дозаторами для загрузки составных частей замеса. После перемешивания замес выдается из бегунов через открываемые для этого в днище чаши разгрузочные отверстия. Загрузку составных частей замеса и выдачу готового замеса производят, не останавливая вращения бегунов.

Продолжительность смешивания одного замеса в нормальных бегунах, включая время загрузки дозаторами и разгрузки замеса, составляет для единой формовочной смеси 3–5 мин, для облицовочной смеси – 6–9 мин, для стержневой смеси – 6–12 мин.

Нормальные смешивающие бегуны позволяют достичь высокого качества перемешивания составных частей формовочных и стержневых смесей. Они равномерно распределяют составные части в массе смеси и обес-

печивают хорошее обволакивание песчаных зерен оболочками влажной глины или другого связующего.

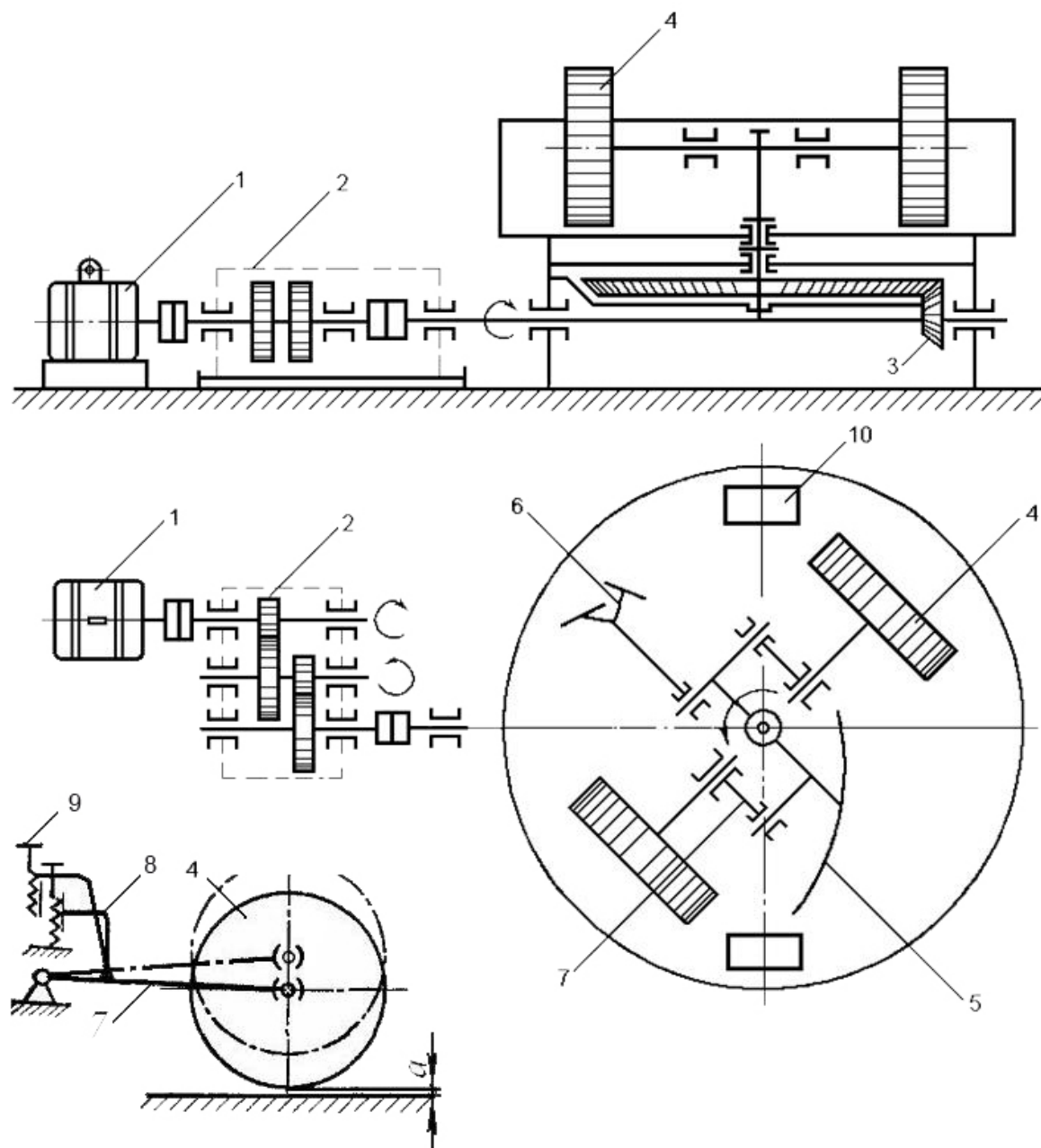


Рис. 1.55. Кинематическая схема нормальных смешивающих бегунов:

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – конические шестерни; 4 – катки; 5 и 6 – плужки; 7 – кривошип; 8 – кронштейн кривошипа; 9 – регулировочный винт; 10 – разгрузочные дверки днища чаши

Смешивающее действие бегунов сводится к давлению катков на смесь, скольжению катков относительно днища чаши и к дополнительному перемешиванию смеси плужками. Наезжая на смесь, находящуюся на дне чаши бегунов, катки своим весом давят на нее; смесь деформируется и частично выжимается из-под катков вперед и в стороны. При этом происходит вза-

имное перемещение зерен, и распределение составных частей в смеси становится более равномерным.

Для увеличения силы воздействия катков на смесь в чаше часто применяют конструкции с дополнительной нагрузкой их с помощью пружины. Сами катки при этом могут быть сделаны более легкими.

2.2.3. Катковые смесители непрерывного действия

Для включения бегунов в непрерывно действующую смесеприготовительную систему предложен ряд их конструкций непрерывного действия. В современных автоматизированных литейных цехах нашел широкое применение смеситель, представляющий собой сдвоенные бегуны, имеющие две пары катков нормальных смешивающих бегунов и две чаши, соединяющиеся между собой бортами так, что в плане они образуют фигуру восьмерки (рис. 1.56) [10]. Такие смесители могут быть как непрерывного, так и периодического действия.

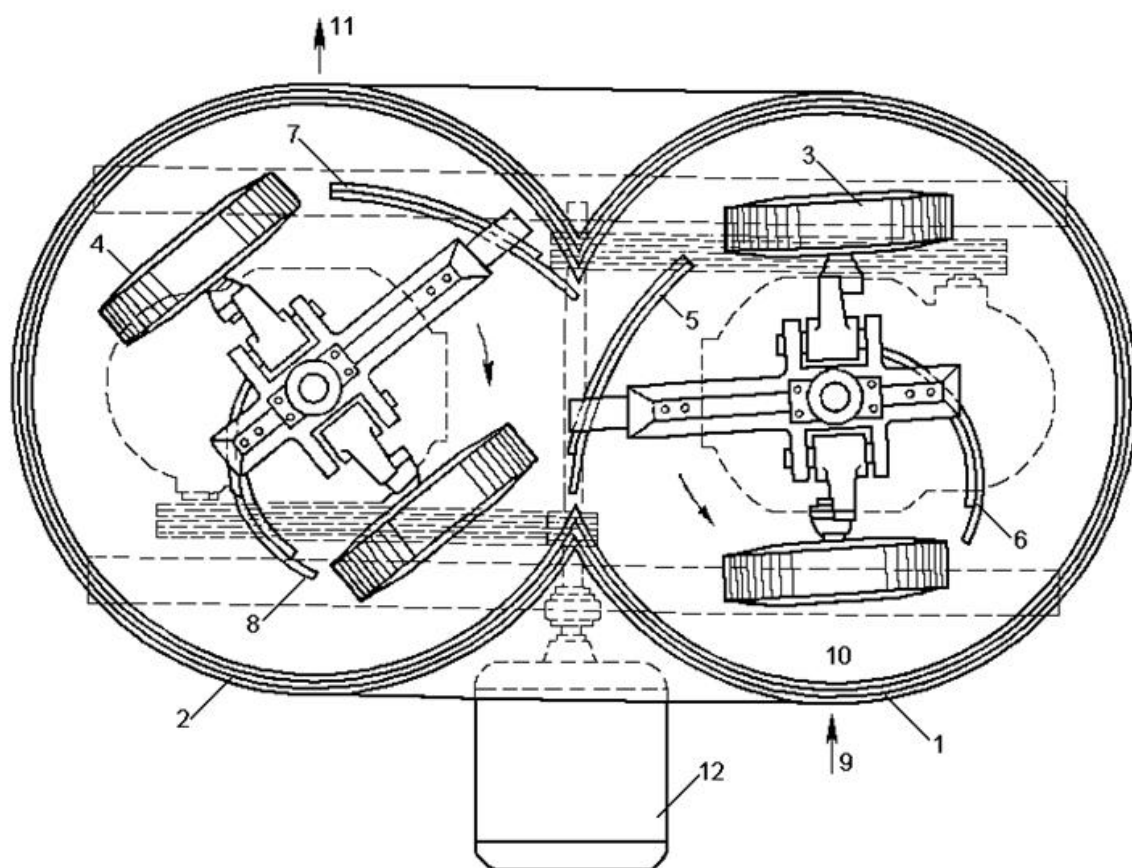


Рис. 1.56. Сдвоенные бегуны-восьмерка:

1 – чаша первая; 2 – чаша вторая; 3 и 4 – катковые агрегаты; 5 и 7 – наружные плужки; 6 и 8 – внутренние плужки; 9 – непрерывная загрузка материалов; 10 – место загрузки; 11 – непрерывная выдача смеси; 12 – электродвигатель для привода обоих агрегатов

На рис. 1.57 показаны схемы взаимного расположения катковых агрегатов при последовательных фазах их вращения в случае работы бегунов как смесителя непрерывного действия. Загрузка составных частей смеси при этом производится непрерывно в чашу 1, а выдача готовой смеси осуществляется непрерывно из чаши 2 через окно в ее борту.

При вращении агрегата чаши 1 ее наружный плужок 5 гребет внутреннюю поверхность смеси перед собой и направляет ее постепенно под следующий за ним каток. При прохождении этим плужком 5 проема между бортами чаш 1 и 2 (от положения *а* до положения *в*) часть передвигаемой им смеси под действием центробежной силы передается в чашу 2. Когда же при вращении агрегата чаши 2 этот проем между бортами чаш проходит наружный плужок 7 агрегата чаши 2, он передает обратно в чашу 1 на рециркуляцию уже гораздо меньшее количество смеси.

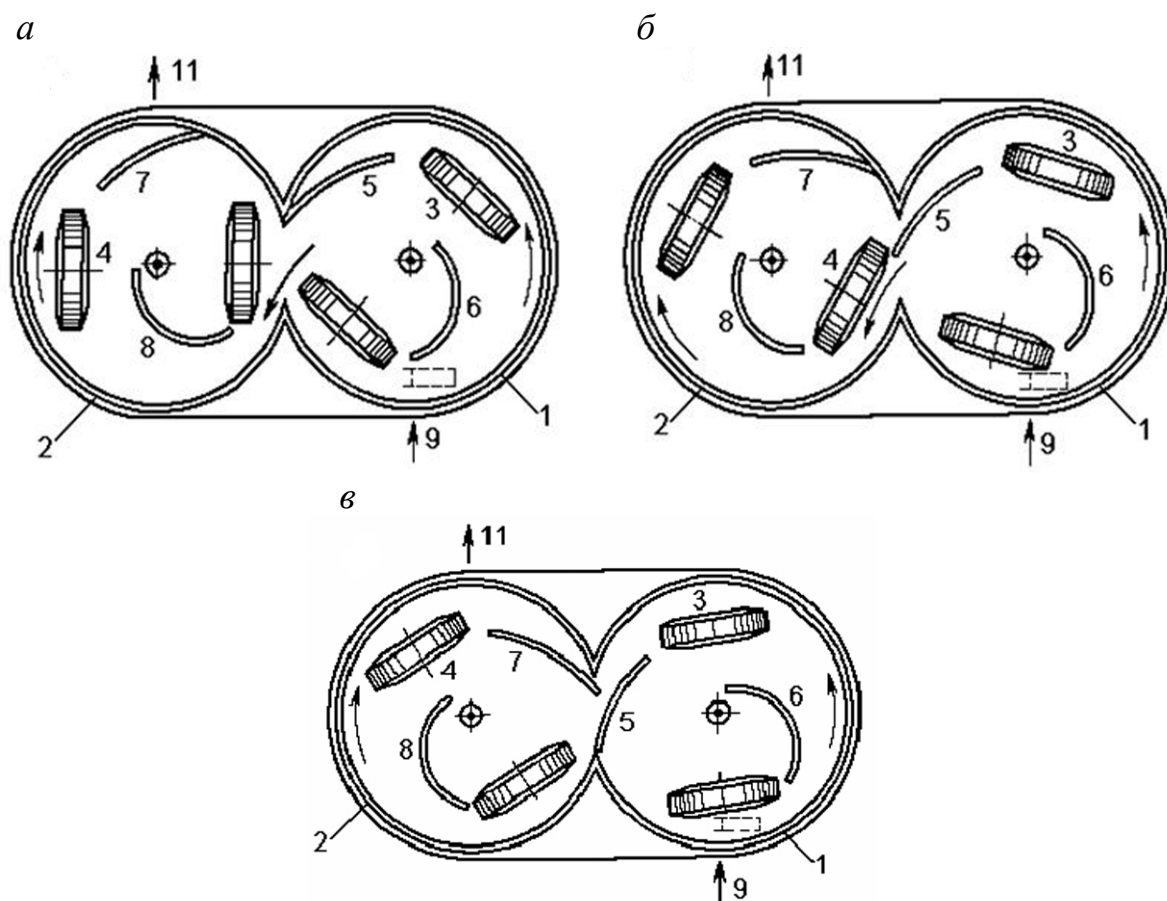


Рис. 1.57. Взаимное расположение агрегатов при работе бегунов как смесителя непрерывного действия:

а, б, в – последовательные фазы работы; 1 – чаша первая; 2 – чаша вторая;
3 и 4 – катковые агрегаты; 5 и 7 – наружные плужки; 6 и 8 – внутренние плужки;
9 – непрерывная загрузка материалов; 10 – место загрузки; 11 – непрерывная выдача смеси

Происходит это потому, что теперь проем между бортами чаши частично загораживает плужок 5 чаши 1, только что прошедший этот проем (см. положения б и в). Таким образом, все время из чаши 1 в чашу 2 передается больше смеси, чем из чаши 2 в чашу 1. Смесь после неоднократной рециркуляции, описывая в смесителе траектории в виде восьмерок, смешиваясь с постоянно поступающими материалами, непрерывно выдается из смесителя.

Если сдвоенные бегуны используют в качестве смесителя периодического действия, то взаимное расположение катковых агрегатов чаш 1 и 2 устанавливают по схеме, изображенной на рис. 1.58. В этом случае при прохождении наружных плужков чаш 1 и 2 проем одинаково загорается или остается свободным, так что количество материала, передаваемого из чаши 1 в чашу 2 и обратно, будет также одинаковым. Замес описывает в машине траектории в виде восьмерок до тех пор, пока не будет выпущен через открывающиеся разгрузочные дверцы 10.

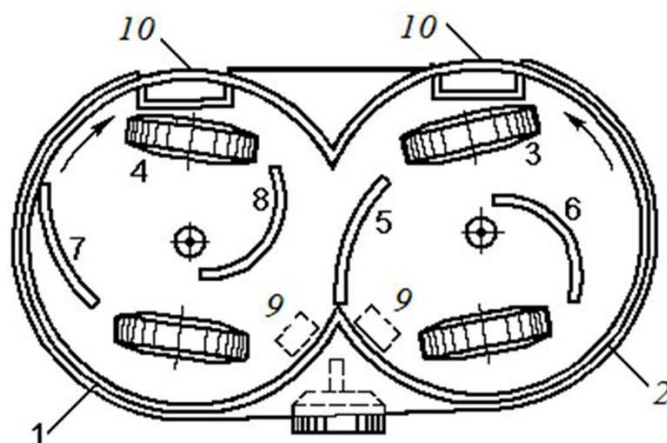


Рис. 1.58. Взаимное расположение агрегатов при работе бегунов как смесителя периодического действия:

1, 2 – чаша; 3, 4 – катки; 5, 6, 7, 8 – плужки; 9 – места загрузки материалов;
10 – разгрузочные дверцы

Сдвоенные бегуны выпускаются швейцарской фирмой «Fischer» двух моделей – SKM 2 × 12 с чашами диаметром 2 м и SKM 2 × 24 с чашами диаметром 2,5 м. Они имеют производительность при непрерывном режиме 100 и 200 м³/ч при времени пребывания смеси в бегунах 1,5 мин или соответственно 40–50 и 60–100 м³/ч при времени пребывания смеси в машине 4 мин.

2.2.4. Маятниковые смесители

Принцип действия маятникового смесителя (рис. 1.59) состоит в следующем. На роторе, вращающемся около вертикальной оси, на маятниках или кривошипах смонтированы два или три катки, расположенных в горизонтальных плоскостях на разных уровнях. При вращении ротора катки под действием центробежных сил отклоняются на маятниках к борту чаши. Благодаря особому ограничительному устройству катки, однако, не доходят до соприкосновения с бортом на величину небольшого регулируемого зазора.

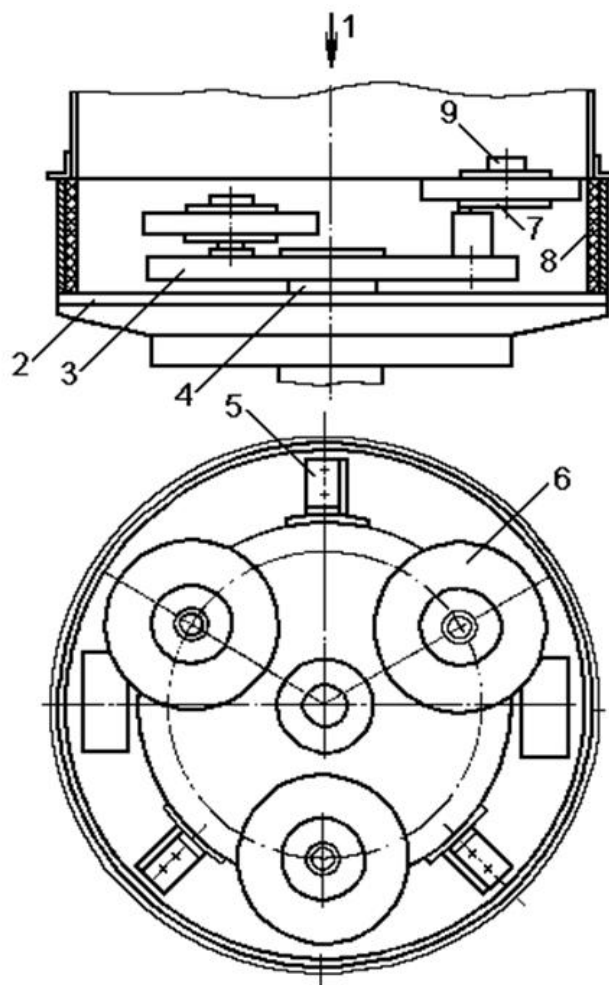


Рис. 1.59. Схема устройства центробежного смесителя
периодического действия:

- 1 – загрузка компонентов смеси; 2 – чаша смесителя; 3 – ротор; 4 – приводной вал;
5 – рабочие плужки; 6 – катки с вертикальной осью вращения; 7 – кривошипный вал;
8 – облицовочная резина; 9 – эксцентрики

Составные части замеса, загруженные в смеситель сверху, сбрасываются с ротора центробежной силой в кольцевое пространство между ротором и бортом чаши. Далее они поднимаются со дна чаши при помощи плужков, укрепленных на роторе, число которых соответствует числу катков. Материал подгребается плужками и подается ими в виде потоков, стелющихся по цилиндрическому борту чаши, под катки, которые проезжают по этим потокам. Катки и цилиндрический борт чаши облицованы резиной. Смеситель продувается воздухом от вентилятора, что способствует охлаждению и обеспыливанию смеси.

Выдача готового замеса производится через открывающуюся дверцу в борту чаши. Маятниковый смеситель, таким образом, является смесителем периодического действия. Ввиду того, что ротор вращается примерно втрое быстрее, чем вертикальный вал обыкновенных смешивающих бегунов, продолжительность обработки замеса в маятниковом смесителе значительно меньше. Так, для единой формовочной смеси цикл обработки, включая загрузку составных частей и выдачу замеса, составляет 1,5 мин, а для облицовочных и стержневых смесей – до 3 мин. Емкость замеса маятниковых смесителей – 0,25–2,0 м³.

В маятниковом смесителе плужки со значительной скоростью бросают смесь на резиновую поверхность борта чаши. Смесь движется по окружности борта и за счет центробежной силы прижимается к нему. При этом пограничный слой смеси, прилегающий к борту чаши, тормозится трением о его резиновую поверхность. Чем дальше отстоит элементарный слой потока смеси от поверхности борта, тем меньше сказывается это торможение. Следовательно, в потоке смеси, движущейся по поверхности борта чаши, происходит взаимное скольжение элементарных слоев потока относительно друг друга, т. е. перетирание смеси. Это перетирающее действие и является главным элементом рабочего процесса маятникового смесителя, обеспечивающим перемешивание песчаных зерен смеси и обволакивание их влажной глинистой составляющей. Роль катков в этом смесителе, по-видимому, является подсобной. Они в лучшем случае могут проезжать по струям смеси, если расположение катков выбрано правильно.

2.2.5. Смесители с одним вертикальным катком

Смеситель с одним вертикальным катком и центробежным рыхлителем (рис. 1.60) – это обычные бегуны, но с одним катком 2. Вместо второго

катка установлен рыхлитель, представляющий собой вертикальный вал 3 с диском, на котором вертикально закреплены восемь штырей 4. Рыхлитель вращается от вертикального вала бегунов через клиноременную передачу. Штыри рыхлителя получают сложное движение вследствие совмещения двух движений – вращения вала бегунов и вала рыхлителя.

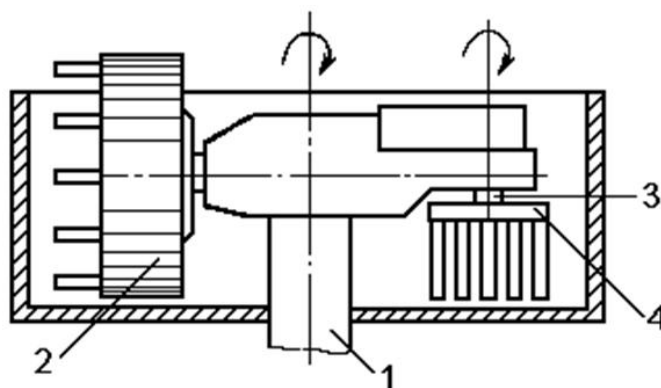


Рис. 1.60. Схема смесителя с одним вертикальным катком и центробежным рыхлителем:

1 – вертикальный вал смесителя; 2 – каток; 3 – вал рыхлителя;
4 – рыхлитель (диск со штырями)

Таким образом, в результате интенсивного ворошения смеси, а также благодаря давлению со стороны катка получается смесь хорошего качества при значительной производительности бегунов.

2.2.6. Лопастные (шнековые) смесители

Для изготовления форм и стержней из холоднотвердеющих и жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) применяются лопастные (шнековые) смесители различных моделей (4727, 4731 и др.).

Смеситель модели 4727 (рис. 1.61) представляет собой стационарную установку с пультом управления 1. Сухой кварцевый песок из основного стационарного бункера, расположенного над установкой, поступает в приемный бункер 6 установки, откуда через шиберный дозатор 5 кварцевого песка – в шнековый смешивающий механизм 2 с индивидуальным приводом 7. В шнеке песок смешивается с катализатором, который подается насосом 8 из специальной емкости, расположенной в нижней части станины 9, по одному из шлангов 10 через разбрызгивающую трубку 4. Одновременно из емкости, также расположенной в нижней части станины, аналогичным

образом подается смола в шнек через разбрызгивающие трубки 3. По мере вращения шнекового механизма все компоненты смеси смешиваются и перемещаются к разгрузочному патрубку 11, откуда попадают в стержневой ящик 12.

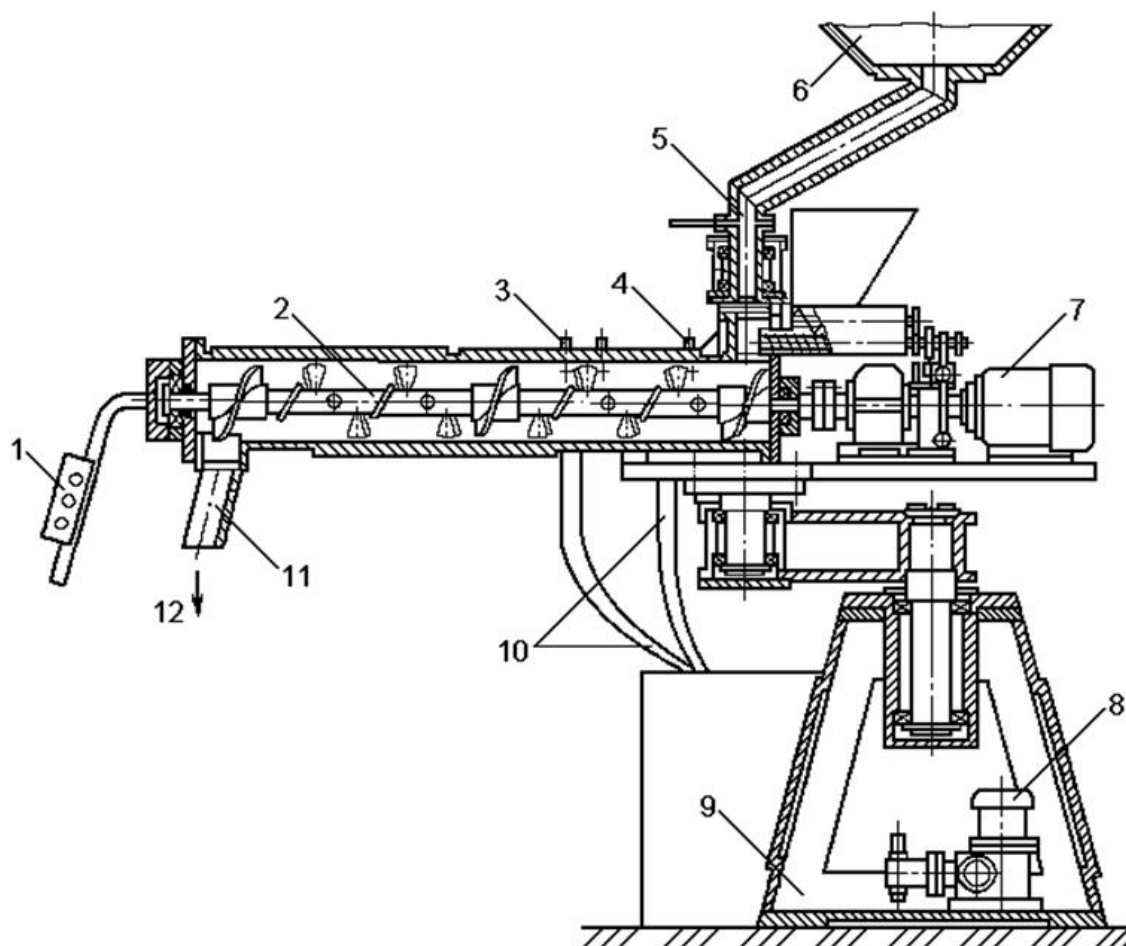


Рис. 1.61. Схема лопастного (шнекового) смесителя

Обычно такой смеситель может работать как индивидуально, так и в комбинации с пескометом. Так, сочетание шнекового смесителя непрерывного действия, подающего приготовленную смесь в пескометную головку с 12-позиционной каруселью, и механизма разборки ящиков и выдачи готовых стержней позволяет использовать полуавтоматическую машину непрерывного действия для изготовления стержней массой до 40 кг.

Если для технологического процесса требуется применение разных смесей (ХТС, ЖСС и др.) с различными физико-механическими свойствами, то используют не шнековый смеситель, где шаг винта постоянный, а лопастной, в котором возможно изменение угла установки лопастей, а следовательно, и скорости перемещения материала вдоль смесителя. Не-

прерывность действия смесителей позволяет легко автоматизировать весь комплекс смесеприготовительных операций.

Рассмотрим лопастной смеситель другой разновидности на примере автоматизированной установки для приготовления жидкостекольных смесей (рис. 1.62).

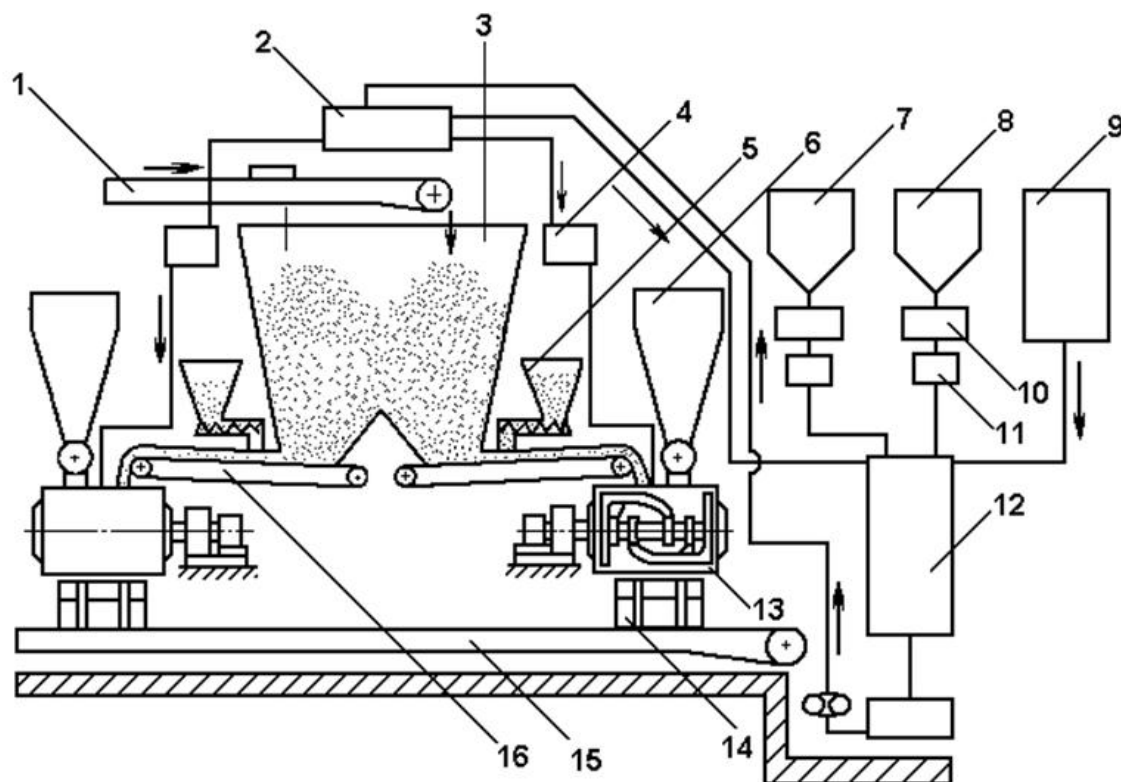


Рис. 1.62. Схема автоматизированной установки для приготовления жидкостекольных самотвердеющих смесей

Установка состоит из двух независимых узлов для приготовления смеси, каждый из которых имеет лопастной смеситель 13. Кроме того, в состав установки входят сдвоенный бункер 3 для песка с питателями 16, бункера 5 со шнековыми питателями для древесного пека, бункера 6 для отвердителя, дозаторы 10 связующего, общие конвейеры 1, 15 для подачи сухого песка и транспортирования стержневых ящиков (форм) 14, а также общий промежуточный бак 12 для связующего. Оба узла смешивания имеют единый узел подготовки связующего на основе жидкого стекла, в состав которого входят баки 9 для жидкого стекла, распределители 11, баки 7, 8 для поверхностно-активных веществ и соды с дозаторами 10 и бак-мешалка 12. Конвейер 15 бывает реверсивным или замкнутым.

Жидкая композиция, приготовленная в баке-мешалке 12, через промежуточный бак 2 и дозатор 4 поступает в лопастной смеситель 13, в который подается и твердая композиция – песок из бункера 3 и пек из бункера 5. После смешивания жидкая самотвердеющая смесь заливается в стержневые ящики путем поворота смесителя на некоторый угол.

Диаметр смесителя 600–800 мм, длина 1000 мм. Скорость вращения вала $n = 0,5 \text{ с}^{-1}$. Время замеса 2–3 мин.

2.2.7. Смесители других типов

Кроме катковых смесителей рассмотренного типа существуют смесители других типов, которые можно разделить по принципу действия на следующие группы:

1. *Смесители с вращающейся чашей и одним или несколькими катковыми агрегатами, расположенными над чашей.* Пример такой компоновки смесителя периодического действия приведен на рис. 1.63, а. Смешивающее действие интенсифицируется, но конструкция смесителя значительно усложняется. На этом же принципе были основаны смесители непрерывного действия со спиральной траекторией движения смеси по дну чаши, от борта, где происходит загрузка, до центра, где смесь выгружается из чаши через отверстие. Широкого применения смесители этой группы не получили.

2. *Смесители с неподвижной чашей.* В них можно заменять катки или дополнительно устанавливать пропеллерные перемешивающие агрегаты, располагая их над чашей или на центральном вертикальном валу машины (рис. 1.63, б, в). Схема б: на центральном валу вращаются три радиальные лопасти со сменными скребками, перемешивающими смесь, и над чашей, кроме того, смонтированы два пропеллерных (звездчатых) приводных агрегата. Схема в: на центральном валу вращаются два башмака, посаженных на изогнутых пружинах. Башмаки центробежной силой прижимаются к борту чаши и оказывают перемешивающее и перетирающее действие на смесь (движение смеси показано при недостаточной 1, нормальной 2 загрузке и при перегрузке 3).

3. *Барабанные смесители.* В настоящее время из этой группы применяют лишь гомогенизационные барабаны. Они обеспечивают наиболее высокую степень однородности отработанной формовочной смеси в установках испарительного охлаждения.

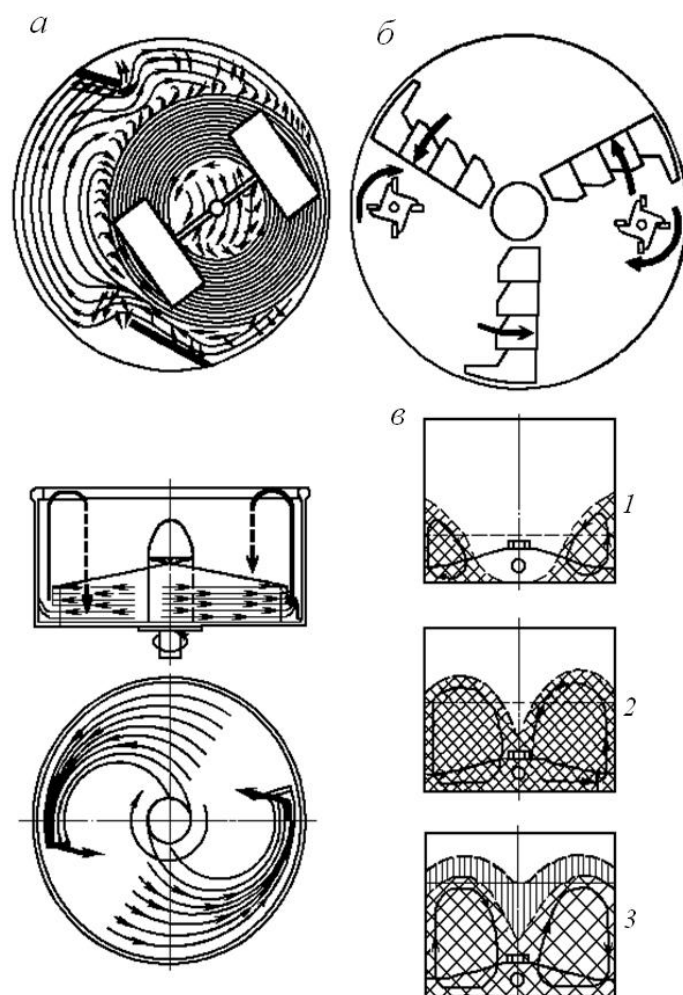


Рис. 1.63. Принцип действия смесителей некоторых типов

В современных условиях производства наиболее широкое применение получили смесители с неподвижной чашей.

2.3. Разрыхлители

Формовочная смесь из бункеров-отстойников или непосредственно из смесеприготовительного отделения системой ленточных конвейеров подается в бункера формовочных машин. В системе транспорта формовочной смеси на этом участке устанавливают разрыхлители с целью улучшения ее формуемости.

Разрыхлители бывают стационарные и передвижные. Наибольшее распространение получили аэраторы и дезинтеграторы.

2.3.1. Дезинтегратор

Дезинтегратор (дисковый рыхлитель) состоит из двух вращающихся навстречу друг другу дисков 1 и 2, на которых закреплены пальцы 3 (рис. 1.64). Привод дисков индивидуальный, а приводные валы могут располагаться

либо с одной стороны установки, либо с двух сторон, как показано на рис. 1.64. Пальцы каждого ряда для увеличения жесткости соединены между собой кольцами 4. Материал для разрыхления подается через воронку 5 в центральную часть установки.

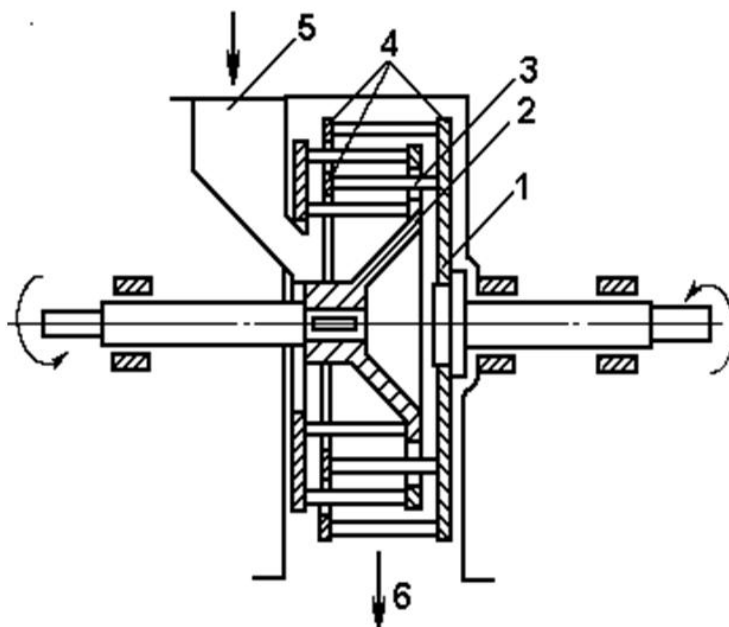


Рис. 1.64. Схема дезинтегратора:

1, 2 – диски, вращающиеся навстречу друг другу; 3 – пальцы; 4 – кольца;
5 – загрузочная воронка; 6 – выход разрыхленной смеси

Комья смеси при падении на пальцы внутреннего ряда под действием удара разбиваются и падают вниз на последующие ряды пальцев. В результате многократных ударов смесь разрыхляется, просыпается вниз, обычно на конвейерную ленту.

Недостатком дезинтеграторов является их малая производительность (обычно до 15 м³/ч), поэтому в современных центральных смесеприготовительных системах они применяются редко.

2.3.2. Аэраторы

2.3.2.1. Лопастной разрыхлитель (аэратор)

Лопастной разрыхлитель (аэратор) модели 1А32 представлен на рис. 1.65. Основанием установки служит сварная рама 8, на которой расположены подшипники вала ротора 1 и электродвигатель 3, передающий вращение ротору через клиноременную передачу 2. На роторе 1 смонтиро-

вано шестнадцать пар державок, на каждой из которых закреплена сменная лопатка. В средней части сварного защитного кожуха 6 свободно подвешены в два ряда цепи 7. В левой части кожуха находится загрузочная воронка 4 с двумя заслонками для регулирования потока смеси, а в правой части кожуха – вентиляционный патрубок 5 для отсоса пыли.

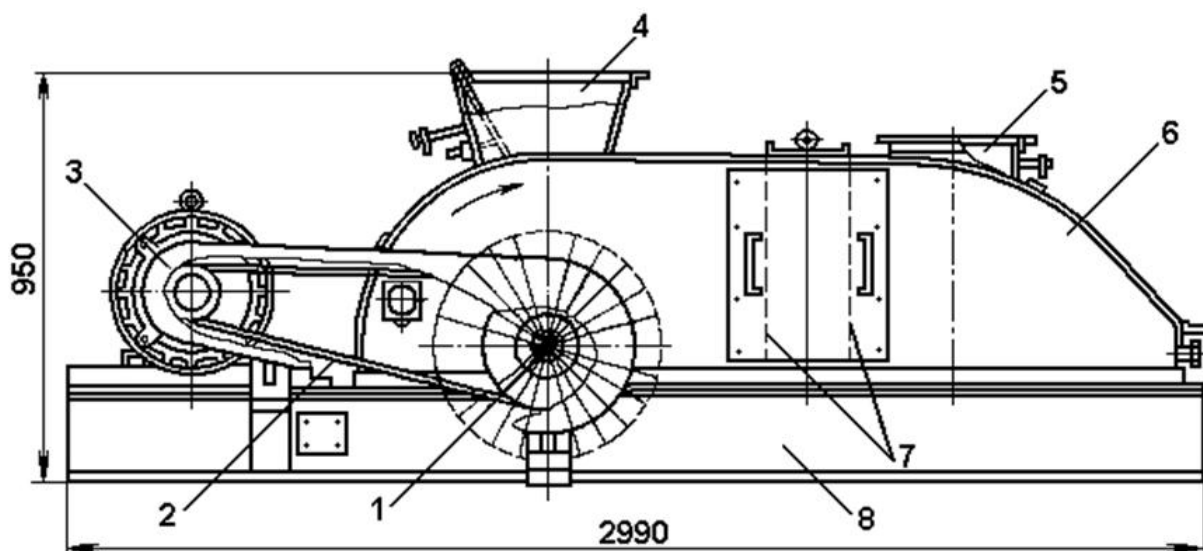


Рис. 1.65. Схема лопастного разрыхлителя

Обе части кожуха имеют люки для доступа в рабочее пространство установки. Через левый люк производится замена изношенных лопаток, а через правый – очистка внутренних стенок кожуха. Для осмотра цепных подвесок служат боковые люки, закрытые щитками. Люки заблокированы конечными выключателями таким образом, что при их открывании отключается электродвигатель привода ротора.

Из воронки 4 смесь попадает на быстро вращающиеся лопатки, которые с силой отбрасывают ее на цепи 7. Ударяясь о цепи, комья смеси дробятся. Разрыхленная смесь падает вниз на конвейер и выносится из-под разрыхлителя в бункера формовочных машин.

Производительность лопастного разрыхлителя модели 1А32 составляет 50–80 м³/ч.

2.3.2.2. Аэраторы других типов

Наиболее часто при разрыхлении формовочных смесей применяются различного вида аэраторы. Схемы компоновки некоторых из них приведены на рис. 1.66.

На схеме *а* показан аэратор с двумя роторами, вращающимися в противоположных направлениях. Смесь подается на них ленточным питателем, расположенным под загрузочным отверстием кожуха.

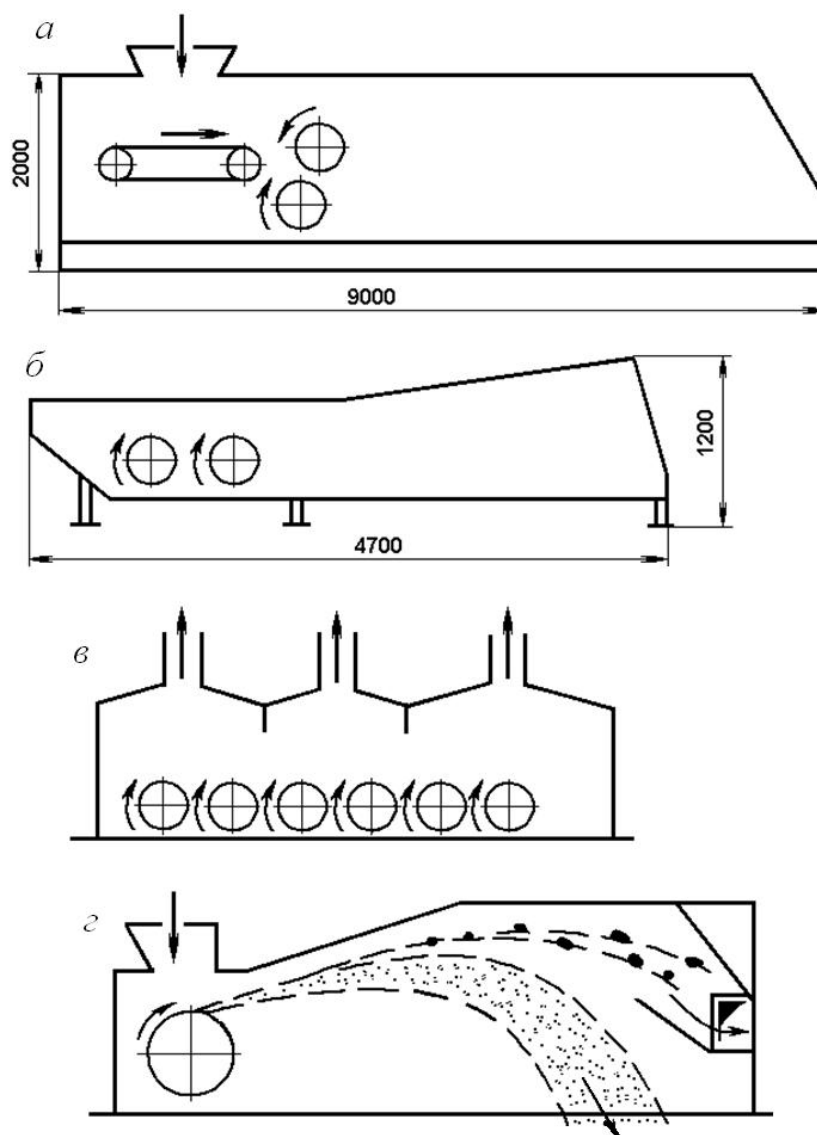


Рис. 1.66. Схемы компоновки некоторых современных аэраторов:
а – с двумя роторами и ленточным питателем; *б* – попутный с двумя роторами;
в – попутный с тремя роторами и отсосом; *г* – для цехов литья из медных сплавов

На схеме *б* представлен так называемый попутный аэратор, который устанавливают на ленточном конвейере формовочной смеси. Он имеет два ротора, которые своими лопатками захватывают смесь с движущейся ленты и бросают ее вдоль кожуха по ходу ленты. Кожух внутри облицован резиной. Аэраторы с указанными на схемах *а* и *б* размерами имеют производительность до 200 т/ч. На схеме *в* показан принцип устройства попутного аэратора с тремя двойными роторами. Попутные аэраторы применяют ино-

гда и на линиях подготовки отработанной формовочной смеси для ее рыхления, частичной гомогенизации и предварительного охлаждения. Их ставят между магнитным сепаратором и ситом.

На схеме 2 показан аэратор для обработки отработанной смеси в литейных цехах, изготавливающих отливки из медных сплавов. Кроме разрыхления смеси в этом аэраторе происходит отделение металлических (немагнитных) включений, которые пролетают дальше потока смеси и улавливаются отдельно.

2.4. Схема смесеприготовительной установки

Смесеприготовительные установки по составу входящих в них устройств и по своему конструктивному исполнению весьма разнообразны. Каждая смесеприготовительная установка состоит из смесителя, бункеров и дозаторов для сухих компонентов, емкостей и дозаторов для жидких компонентов и транспортных устройств. В качестве примера рассмотрим упрощенную схему смесеприготовительной установки для формовочных смесей, изображенную на рис. 1.67.

Установка состоит из центробежных смесителей периодического действия 11, бункеров для отработанной смеси 5, бункера для песка 6 с тарельчатыми питателями 7 и 15, дозирующих бункеров 8, дозаторов воды и суспензии 14, промежуточных бункеров 12 с питателями, раздаточного ленточного конвейера 13, элеватора 1 и системы ленточных конвейеров 2 и 3 с плужковыми сбрасывателями 4, обеспечивающими подачу в бункеры исходных материалов.

Оборотная смесь и песок подаются из бункеров 5 и 6 тарельчатыми питателями 7 и 15 в весовые бункерные дозаторы 8 вместимостью 2 м³. Весовые бункерные дозаторы имеют опоры с тензометрическими преобразователями 9 системы автоматического взвешивания и снабжены челюстными затворами с пневмоприводом. Смесь и песок подаются в весовой бункер одновременно, причем доза песка определяется временем работы тарельчатого питателя. После прекращения подачи песка питатель 7 продолжает подачу оборотной смеси до тех пор, пока масса смеси с песком в дозирующем бункере не достигнет требуемой величины. После этого система автоматического взвешивания отключает питатель 7 и дает команду на открытие челюстного затвора 10.

Последовательность приготовления смеси: вводят часть воды (с целью предупреждения плотного прилипания к стенкам смесителя сухой смеси), смесь продувают воздухом, затем подают остальную воду и перемешивают. В период влажного перемешивания смеси ее продувают воздухом для охлаждения, а затем выгружают. Параллельно идет подача песка и отработанной смеси в дозаторы.

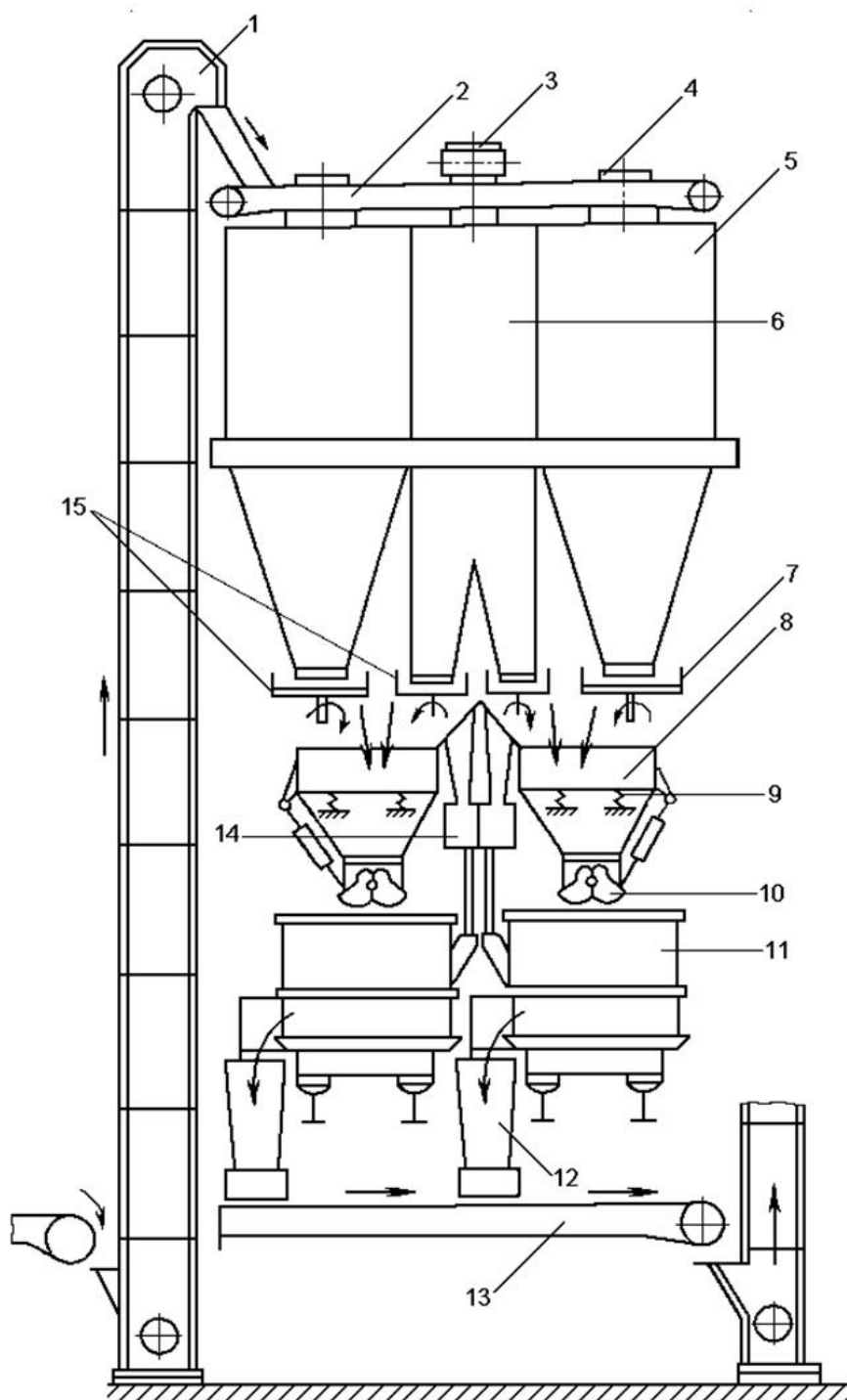


Рис. 1.67. Схема смесеприготовительной установки

Из смесителя смесь выгружается в промежуточный бункер 12 с питателем вместимостью на два-три замеса. Питатель равномерно выдает смесь на раздаточный ленточный конвейер 13, при этом исключаются перегрузка и остановка ленточного конвейера. Смесители обычно снабжаются автоматическими устройствами для контроля и регулирования влажности смеси, а также системой автоматического управления с заданным технологическим циклом. Автоматическое управление рабочим циклом перемешивания смеси в катковых или маятниковых смесителях осуществляется обычно с помощью реле времени или же командоаппарата кулачкового типа.

2.5. Автоматизация контроля физико-механических свойств формовочных смесей

При автоматизации процесса смесеприготовления важно, чтобы проводились непрерывный контроль и регулирование физико-механических свойств формовочных смесей. Измеряемыми параметрами являются газопроницаемость, пределы прочности при сжатии и срезе образца, а управляющим воздействием – количество связующей добавки (пылевидного бентонита или глины), подаваемое в смеситель.

Рассмотрим схему автоматизации контроля физико-механических свойств формовочных смесей с обратной связью, осуществляемого в процессе их приготовления в смесителях непрерывного действия (рис. 1.68).

Смесь, поступающая из бегунов 1, периодически сбрасывается плужком 2 с ленточного конвейера на виброжелоб 3 и попадает сначала в аэратор 4, а затем в автомат контроля влажности 5, где в гильзе диаметром 50 мм формуется образец двусторонним прессованием. При этом температура и влажность на торце образца смеси измеряются преобразователями, смонтированными в верхний пуансон. Затем проводится испытание образца в гильзе на газопроницаемость путем продувки через него воздуха, после чего образец подвергается испытанию на сжатие или срез с измерением прочности и деформации. Наконец, образец выталкивается из прибора, освобождая место для следующей пробы смеси.

По результатам контроля прочности смеси автоматически корректируется дозирование связующей добавки в смеситель. Для этого (при отклонении от нормы по пяти показаниям прочности) контролирующий аппарат – компьютер 6 – включает серводвигатель 7, вращающийся синхронно с серво-

двигателем 8 и меняющий скорость вращения тарельчатого питателя бункера 9 связующей добавки.

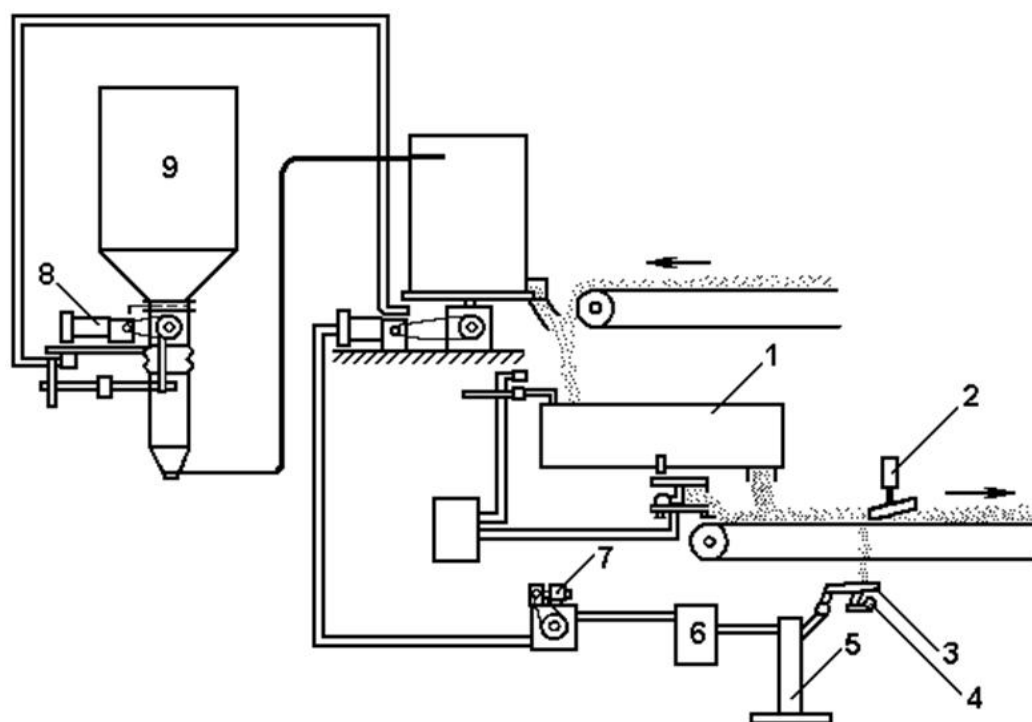


Рис. 1.68. Схема системы автоматического контроля физико-механических свойств формовочной смеси в процессе ее приготовления в смесителе:
1 – бегуны; 2 – плужковый сбрасыватель; 3 – виброжелоб; 4 – аэратор; 5 – автомат контроля влажности; 6 – компьютер; 7, 8 – серводвигатели; 9 – бункер

Диапазон изменения дозирования добавки ограничивается пределами, устанавливаемыми на регуляторе компьютера.

2.6. Автоматизация распределения формовочной смеси

Бесперебойная и правильно организованная смесераздача в расходные бункера повышает производительность формовочного оборудования в 1,5–2 раза и снижает расход смеси, при этом частично отпадает необходимость в обслуживающем персонале. Для распределения смеси по бункерам служат ленточные конвейеры. Включение сбрасывающих плужков над лентой конвейера осуществляется электромагнитом или пневмоцилиндром при опорожнении бункера.

Основные элементы системы смесераздачи – сигнализаторы уровня формовочных материалов в бункерах. Чаще всего в каждом раздаточном бункере устанавливают два сигнализатора уровня, которые контролируют ниж-

ний и верхний уровни смеси и подают сигнал на включение исполнительного механизма плужкового сбрасывателя.

На рис. 1.69 показана схема наиболее простого флажкового сигнализатора. При достижении некоторого уровня смеси в бункере флажок 1 отклоняется вправо и перемещает золотник пневмоклапана 2. В результате этого сжатый воздух из сети поступает в пневмоцилиндр 3, который поднимает плужок 4, при этом прекращается поступление смеси с ленточного конвейера 5 в бункер. При падении уровня смеси флажок возвращается в исходное положение, и пневмоклапан 2 выпускает сжатый воздух из силового цилиндра в атмосферу. Плужок опускается на ленту, и смесь снова заполняет бункер [15].

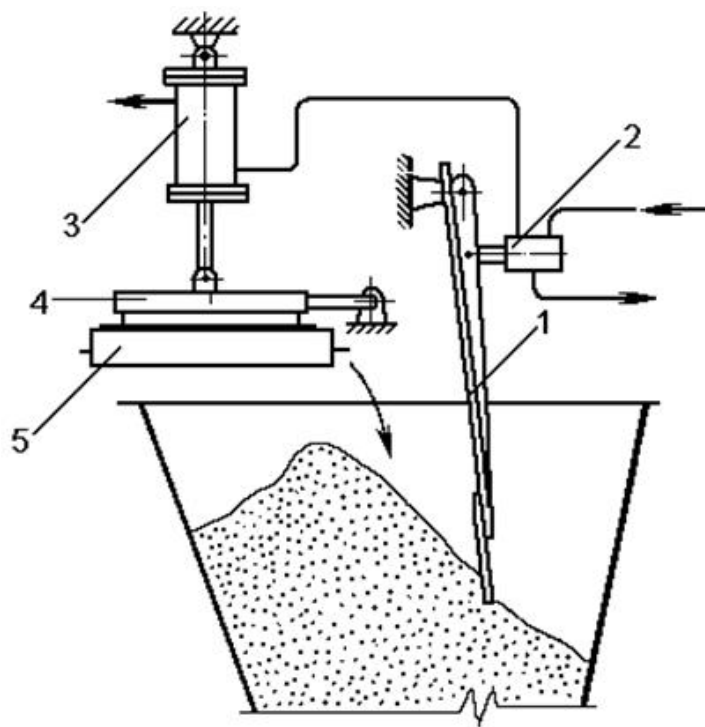


Рис. 1.69. Схема флажкового сигнализатора

Этот сигнализатор имеет ряд недостатков, среди которых заклинивание и повышенное изнашивание шарнирного соединения вследствие попадания пыли, невысокая точность регулирования уровня смеси и др.

На практике применяют и более совершенные сигнализаторы: электронные, фотоэлектронные и др. Исполнительным механизмом плужкового сбрасывателя обычно служит пневмопривод (поршневой или мембранный).

В зависимости от последовательности включения плужковых сбрасывателей существует несколько систем смесераздачи.

При *независимой системе смесераздачи* плужковый сбрасыватель, находящийся над расходным бункером формовочной машины, включается на сброс смеси с ленточного конвейера, как только ее уровень в бункере опустится ниже чувствительного элемента, независимо от наличия смеси в других бункерах. Бункер наполняется. Когда смесь в бункере достигнет верхнего уровня, преобразователь верхнего уровня включает плужок, который приподнимается, и наполнение бункера прекращается.

Недостаток этой системы в том, что бункера заполняются неравномерно, первые по ходу ленточного конвейера «перехватывают» смесь с ленты.

При *системе поочередного, или последовательно-принудительного, снабжения* расходные бункера включаются на заполнение смесью поочередно. Пока наполняются все последующие бункера, данный бункер может опорожняться. Вместимость бункера должна быть рассчитана так, чтобы смеси хватило на цикл загрузки бункеров всей линии. Если в очередном бункере уровень смеси ниже нижнего чувствительного элемента, то автоматическое устройство срабатывает на проверку последующего бункера. Если и в этом бункере уровень смеси ниже чувствительного элемента, то он будет заполняться смесью. Если окажется, что в каком-то n -м предыдущем бункере уровень смеси ниже преобразователя уровня, то сбрасывающий плужок этого бункера не опустится до тех пор, пока автоматическое устройство последовательно не проверит все бункера, расположенные до бункера $n + 1$, т. е. до тех пор, пока не подойдет его очередь на заполнение.

Таким образом, при этой системе в любой момент может быть опущен только один плужок, что является преимуществом данной системы по сравнению с независимой. Недостаток принудительно-последовательной системы – значительный простой бункеров в начале смены при большом их числе.

При *принудительно-последовательно-временной системе* бункера заполняются принудительно-последовательно, но количество подаваемой в каждый бункер смеси определяется временем, которое тем меньше, чем дольше бункер стоит в очереди для заполнения.

Если число пустых бункеров мало, то выдержка может оказаться больше, чем длительность фактического заполнения бункера до верхнего уровня, и тогда заполнение будет определяться временем от начала заполнения до момента срабатывания верхнего уровнемера.

Эта система более совершенна, но менее надежна, чем две предыдущие системы, так как она выполнена на обычных телефонных реле, кон-

такты которых в условиях литейного цеха быстро выходят из строя. В настоящее время для схем автоматической смесераздачи используют бесконтактные логические элементы, что упрощает схемы и повышает надежность автоматических систем смесераздачи.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите классификацию смешивающих устройств и последовательность операций смесеприготовления.
2. Опишите схемы смесеприготовительных установок.
3. Опишите принцип работы и конструкцию центробежных (маятниковых) смесителей.
4. Какие способы непрерывного контроля качества смесей вы знаете?
5. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры смесителя и мощность привода. Используйте примеры расчета 12–14 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 3, 6, 7 прил. 2.

Глава 3. ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СМЕСЕЙ

3.1. Машины непрерывного транспорта

В литейных цехах широко применяют разнообразные машины непрерывного транспорта без остановки для их загрузки и разгрузки для перемещения сыпучих и кусковых грузов (песка, глины, угля, формовочных и стержневых смесей, оборотной смеси и т. д.).

В качестве непрерывного транспорта используют транспортирующие машины с тяговым органом, в которых груз перемещается вместе с последним, и без тягового органа. К первым машинам относятся конвейеры ленточные, пластинчатые, скребковые и элеваторы, ко вторым – гравитационные устройства, качающиеся (инерционные и вибрационные) и винтовые конвейеры, пневматические и гидравлические транспортные устройства.

3.1.1. Ленточные конвейеры

Ленточные конвейеры (рис. 1.70) имеют тяговый орган 2, выполненный в виде бесконечной ленты, служащей одновременно и несущим элементом конвейера; приводную станцию (электродвигатель, редуктор), приводящую в движение приводной барабан 1; натяжную станцию с натяжным барабаном 5 и натяжным устройством 6; опорные ролики 3 на рабочей ветви ленты и поддерживающие ролики 7 на холостой ветви ленты; загрузочное устройство 4 и устройство для очистки ленты 9. Все элементы конвейера смонтированы на металлической раме 8.

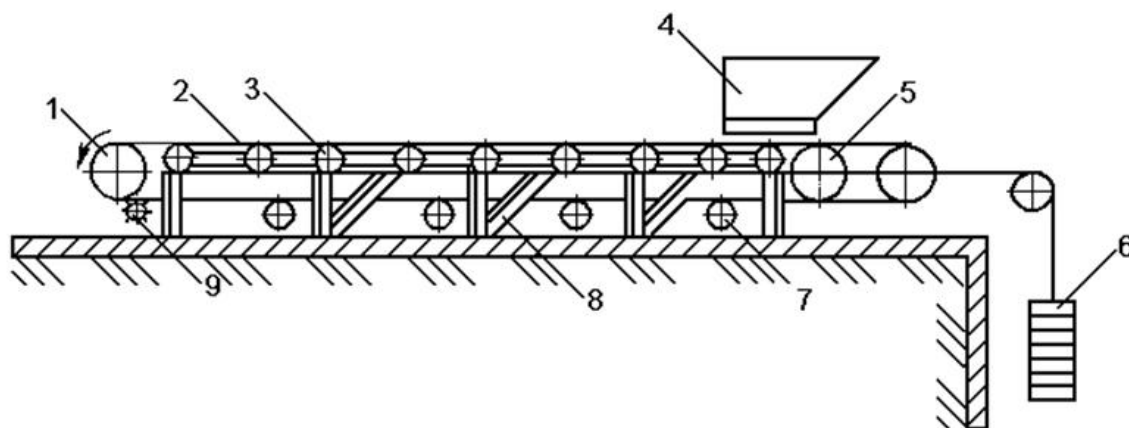


Рис. 1.70. Схема устройства ленточного конвейера

Ленточные конвейеры – наиболее распространенный вид транспортирующих машин литейных цехов. Они бывают горизонтальные, наклонные и вертикальные. Конвейеры, установленные в вертикальной плоскости, называют элеваторами.

Для увеличения производительности конвейера часто опоры под ленту выполняют так, что она под действием силы тяжести материала, расположенного на ней, принимает форму желоба (рис. 1.71, а).

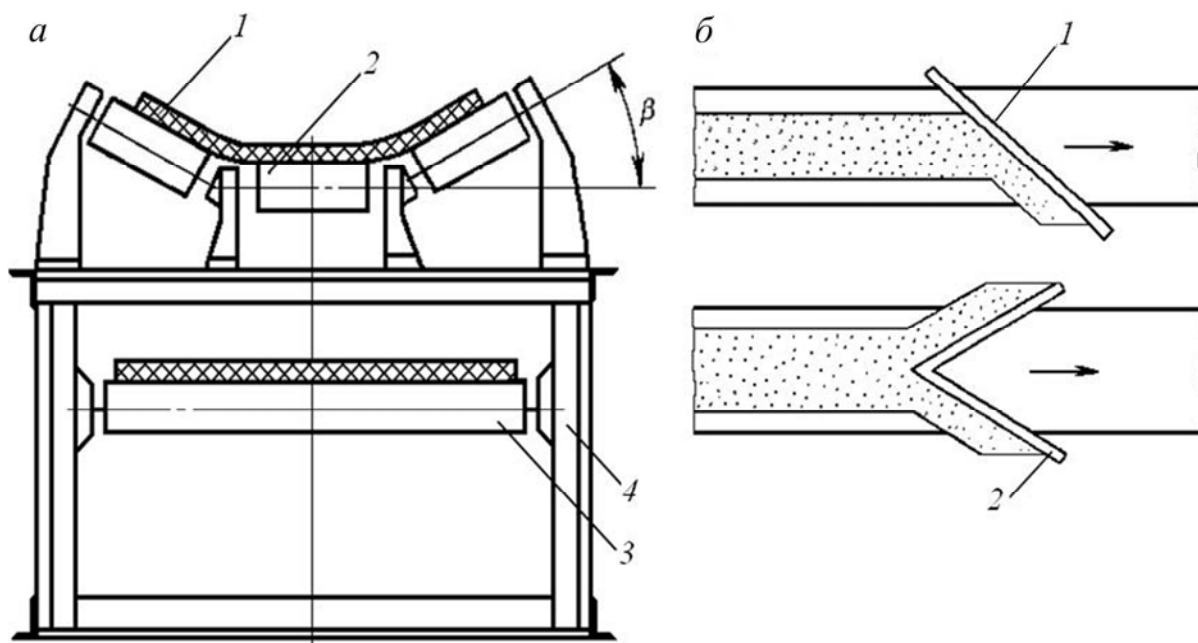


Рис. 1.71. Ленточный конвейер:

- а – поперечный разрез: 1 – лента прорезиненная; 2 – опорные ролики;
3 – поддерживающие ролики; 4 – опорная металлоконструкция; б – схема разгрузки
сыпучих материалов с ленты с помощью плужковых сбрасывателей:
1 – односторонних; 2 – двухсторонних

Угол наклона конвейера к горизонту зависит от угла естественного откоса (угла внутреннего трения) материала в движении. Обычно угол наклона конвейера принимают на $7\text{--}10^\circ$ меньше угла трения груза о полотно. Так, для гладкой ленты принимают следующий предельный угол наклона ленточного конвейера к горизонтали: $\beta = 20 \div 22^\circ$ для формовочной смеси и сырой глины, $\beta = 17 \div 18^\circ$ для сухих формовочных материалов.

Скорость движения ленты для транспортирования формовочных материалов и смесей составляет $0,8\text{--}1,5$ м/с, а для конвейеров с разгрузочными плужками – $0,5$ м/с или даже меньше. Рекомендуется уменьшать скорость движения наклонных лент приблизительно на 2 % на каждый градус угла подъема конвейера.

В ленточных конвейерах применяют ленты прорезиненные текстильные, стальные, текстильные с вулканизированными в них стальными тросами. В конвейерах литейных цехов ширина ленты обычно составляет 500, 650, 800 и 1000 мм.

Наиболее распространено применение ленты текстильной прорезиненной, состоящей из нескольких слоев (от 2 до 10, чаще всего от 3 до 5) хлопчатобумажной ткани. Эти слои соединяют вулканизацией (каучуком). Поверхность ленты покрыта слоем резины, предохраняющей ткань от истирания материалом. Толщина резинового слоя на рабочей стороне составляет 3–6 мм, а на нерабочей – 2 мм.

Для конвейерных лент широко используют искусственные ткани из перлоновых, нейлоновых и лавсановых нитей. Для транспортирования материалов через сушильные и нагревательные печи применяют ленты, изготовленные из стекловолокна. Концы лент соединяют вулканизацией или заклепками.

Транспортируемый материал на ленту обычно загружают через воронку. Чтобы материал не просыпался, в зазор между воронкой и лентой закрепляют уплотнение из полос прорезиненной ленты.

Материал разгружается в момент огибания лентой приводного барабана (в конце конвейера) либо в средней части конвейера с помощью плужковых сбрасывателей (рис. 1.71, б). Плужковые сбрасыватели бывают двухсторонние 2 и односторонние 1. Недостаток плужкового способа разгрузки – повышенное изнашивание ленты. Приводом подъема и опускания плужков служит обычно пневмоцилиндр или диафрагменный толкатель с электропневматическим управлением. В рабочем положении плужок прижимается к ленте резиновой полоской, закрепленной в его нижней части болтами. Вместо опорных роликов в зоне действия плужка под лентой монтируется сплошной металлический стол.

Для обеспечения постоянного сцепления ленты с приводным барабаном в ленточных конвейерах применяют натяжное устройство винтового или грузового типа. Ось натяжного барабана натяжного устройства винтового типа (рис. 1.72, а) опирается на подшипники, установленные в корпусах 1, движущихся между неподвижными направляющими 2 с помощью винтов 3. Недостатком винтовых натяжных устройств является трудоемкость натяжения ленты. Натяжное устройство грузового типа (рис. 1.72, б) более совершенно, так как натяжение ленты происходит автоматически под действием силы тяжести груза.

Шаг роликовых опор под верхней желобчатой частью ленты для ленточных конвейеров, передающих формовочные материалы и смеси, равен 1200–1300 мм. Для нижней, плоской части ленты шаг опор составляет 2400–2600 мм. Диаметр роликов верхних и нижних опор ленточных конвейеров равен обычно 108 мм. Длина ленточных конвейеров чаще всего не превышает 100 м, но может быть и 150–200 м.

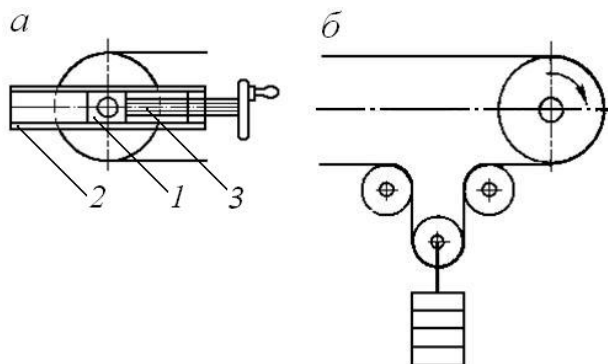


Рис. 1.72. Схема устройств для натяжения ленты:

а – винтового; *б* – грузового

Ленточные конвейеры – наиболее распространенные устройства для механического непрерывного транспорта формовочных материалов и смесей. Они просты по конструкции и надежны в эксплуатации. При подаче готовых формовочных смесей к местам формовки они имеют то неоспоримое преимущество, что транспортируемая смесь, спокойно помещаясь на ленте, не уплотняется на ней и доставляется на формовку в разрыхленном состоянии, в котором она поступила на конвейер.

Площадь сечения транспортируемого материала на плоской ленте можно приблизительно считать равной $F = 0,037B^2$ м², где B – ширина ленты, м. Следовательно, производительность конвейера, т/ч, в случае использования плоской ленты составляет

$$Q = 3600F\gamma v = 3600 \cdot 0,037B^2\gamma v,$$

где γ – насыпная масса материала, т/м³;

v – скорость конвейера, м/с.

Эта формула дает практически правильные результаты.

В случае использования желобчатой ленты площадь сечения материала значительно больше, и производительность конвейера можно принимать равной

$$Q = 133 \cdot B^2\gamma v.$$

Найденную по приведенным формулам производительность для наклонных лент следует уменьшать при угле наклона $11\text{--}15^\circ$ на 5 %, при угле $16\text{--}18^\circ$ – на 10 % и при угле $19\text{--}23^\circ$ – на 15 %.

3.1.2. Элеваторы

Элеваторы применяют для подъема в вертикальном или наклонном направлении сыпучих и мелкокусковых материалов. Элеватор представляет собой бесконечную цепь (рис. 1.73, *а*) или тканевую прорезиненную ленту (рис. 1.73, *б*) с прикрепленными к ней ковшами [1]. Цепь либо лента огибает два блока или барабана, из которых нижний находится в башмаке элеватора, куда по лотку подается транспортируемый материал; там он зачерпывается и подхватывается ковшами. Материал в кошах поднимается по восходящей ветви ленты или цепи элеватора и при огибании верхнего барабана или блока высыпается из ковшей и отводится по желобу. Верхний барабан вращается от электродвигателя. Для регулирования натяжения ленты подшипники нижнего барабана могут перемещаться с помощью винтов в вертикальных направляющих.

Для формовочных материалов применяют обычно ленточные, а не цепные элеваторы, так как шарниры цепи сильно изнашиваются от абразивного действия попадающего в них материала. Вся лента с ковшами заключена в предохранительный железный кожух. Скорость ленты элеватора чаще всего выбирают в пределах $1\text{--}1,25$ м/с. Высота элеватора может достигать $20\text{--}25$ м.

Ленточные элеваторы, используемые для подъема формовочных материалов и смесей, имеют чаще всего ширину ковшей b , равную 250 и 350 мм. Для влажных материалов (готовые формовочные и стержневые смеси, влажные свежие пески) применяют так называемые мелкие, более открытые ковши, а для сухих материалов (сухой песок и глина, отработанная смесь) – более глубокие ковши. Шаг ковшей на ленте $t = 400$ мм (для ковшей с $b = 250$ мм) и $t = 500$ мм ($b = 350$ мм). Коэффициент заполнения материалом $\varphi = 0,35\div 0,45$ для влажных материалов (мелкие ковши) и $\varphi = 0,50\div 0,65$ для сухих материалов (глубокие ковши). Емкость ковшей ω : мелких – 2,6 и 7,5 л (при $b = 250$ мм и $b = 350$ мм), глубоких – соответственно 3,2 и 7,8 л.

Элеваторы применяют для транспортирования различных формовочных материалов, кроме материалов, налипающих на ковши, а также материалов в крупных кусках, например больших кусков угля, сухой глины, известняка и пр.

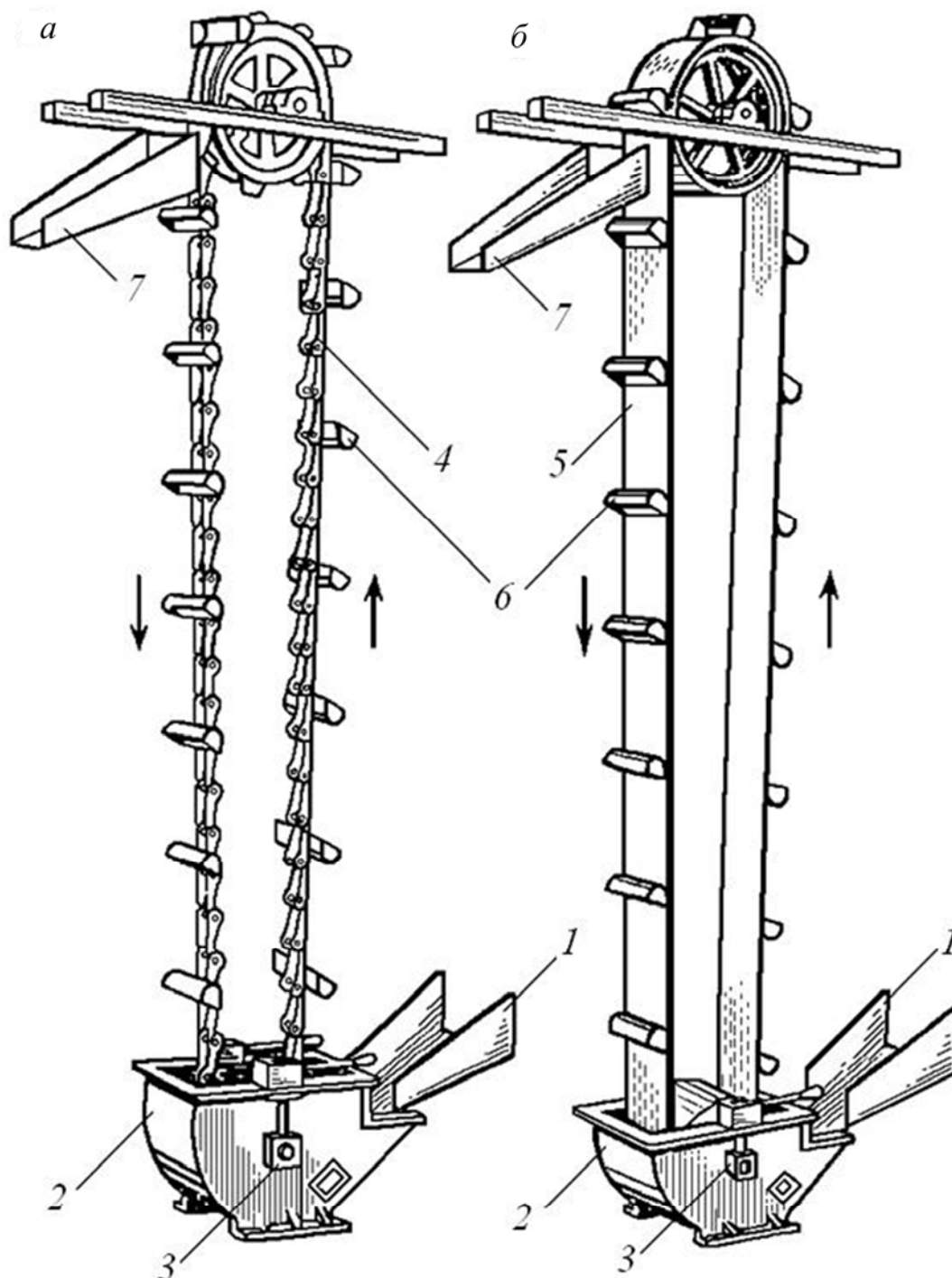


Рис. 1.73. Схемы цепного (а) и ленточного (б) ковшовых элеваторов:
 1 – загрузочный лоток; 2 – башмак элеватора; 3 – натяжное устройство; 4 – цепь;
 5 – лента; 6 – ковш; 7 – разгрузочный лоток

Производительность элеватора, т/ч, можно рассчитать по формуле

$$Q = \frac{3,6 i_0 v_{\phi} \varphi \gamma}{t_k},$$

где i_0 – вместимость ковша, л;
 v_{ϕ} – фактическая скорость ковшей, м/с;
 φ – коэффициент заполнения ковшей;
 γ – насыпная плотность груза, т/м³;
 t_k – шаг ковшей, м.

3.1.3. Пластинчатые конвейеры

Пластинчатые конвейеры (рис. 1.74) применяют для транспортирования крупнокусковых, тяжелых и горячих грузов там, где использование ленточных конвейеров ограничено (например, для перемещения горячих отливок в термообрубное отделение). Основным преимуществом этих конвейеров является хорошая сопротивляемость изнашиванию. Однако вследствие относительно высокой стоимости, сложности изготовления и требования тщательного ухода за ними из-за большого числа шарнирных соединений эти конвейеры используют только в самых необходимых случаях.

Тяговым элементом конвейера служат одна или две цепи 1 с укрепленными на них поперечными пластинами, образующими сплошной настил-полотно 3, который является грузонесущим элементом. Пластины конвейера изготавливают плоскими или волнистыми из листовой стали (толщиной 4–10 мм). При большой производительности конвейера пластины снабжают боковыми вертикальными бортами 4. Во избежание просыпания материала пластины перекрывают друг друга. Направление движения настила должно быть только односторонним, чтобы груз не мог попасть между пластинами. Волнистыми пластины делают для придания им большей жесткости и для возможности транспортирования материала под большим углом наклона конвейера (25–30°). Скорость движения настила обычно до 1 м/мин.

Цепи приводятся в движение приводными звездочками, получающими вращение от электродвигателя через редуктор. На другом конце конвейера цепи огибают звездочки, соединенные с натяжным устройством винтового типа.

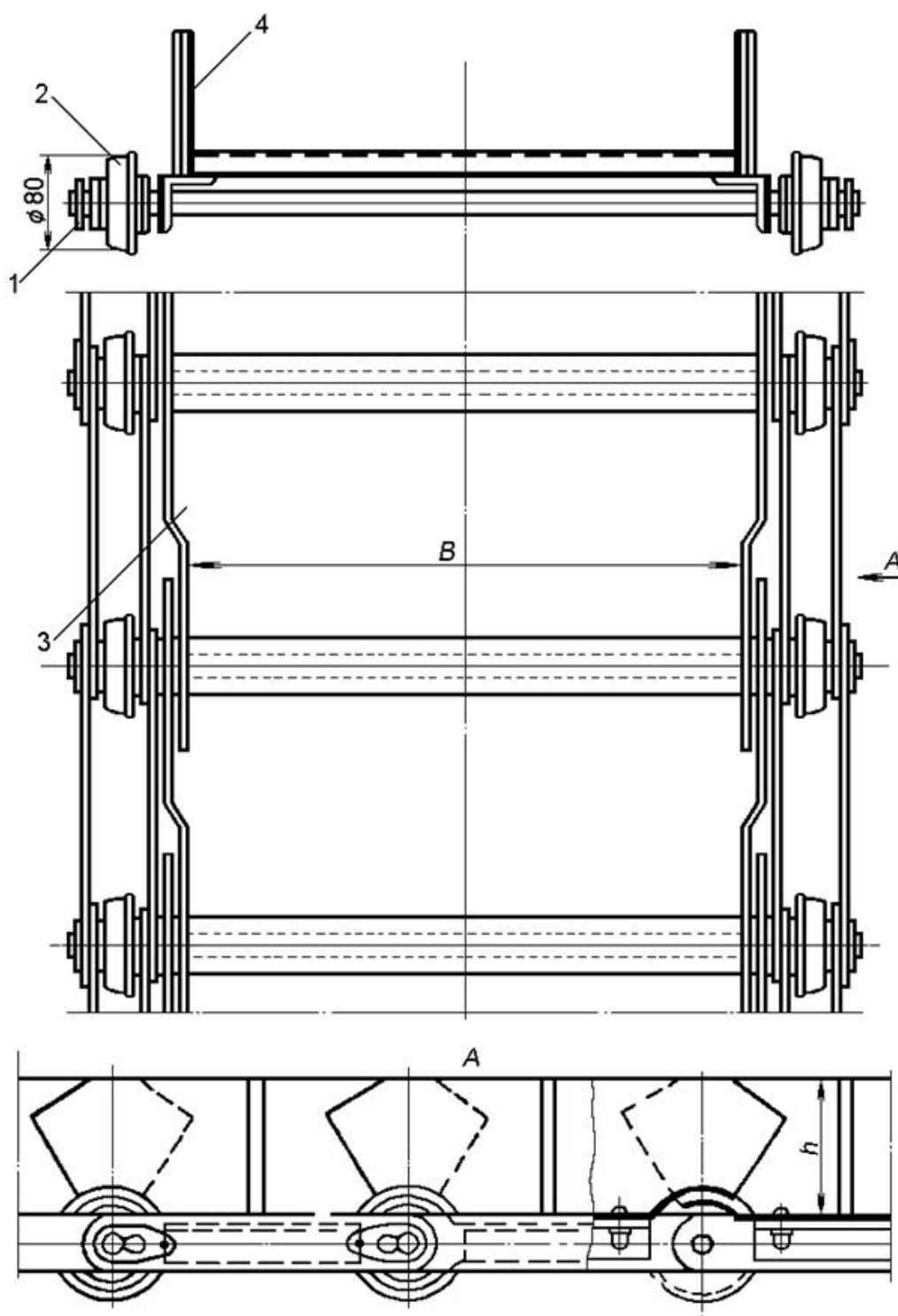


Рис. 1.74. Схема пластинчатого конвейера:
 1 – роликовая цепь; 2 – ролик; 3 – настил-полотно; 4 – борт

3.1.4. Скребковые конвейеры

Скребковый конвейер (рис. 1.75) является одной из разновидностей пластинчатого конвейера. Он отличается от пластинчатого конвейера специальными скребками 3, закрепленными на пластинчатой ленте. При движении ленты конвейера скребки опираются на желоб 6 днища бункера или емкости, захватывают материал и транспортируют его по прямой или наклонной плоскости. Материал разгружается через люки 5 в дне или в конце желоба. Конвейер может иметь две тяговые цепи или одну при малой производительности и небольшой длине перемещения.

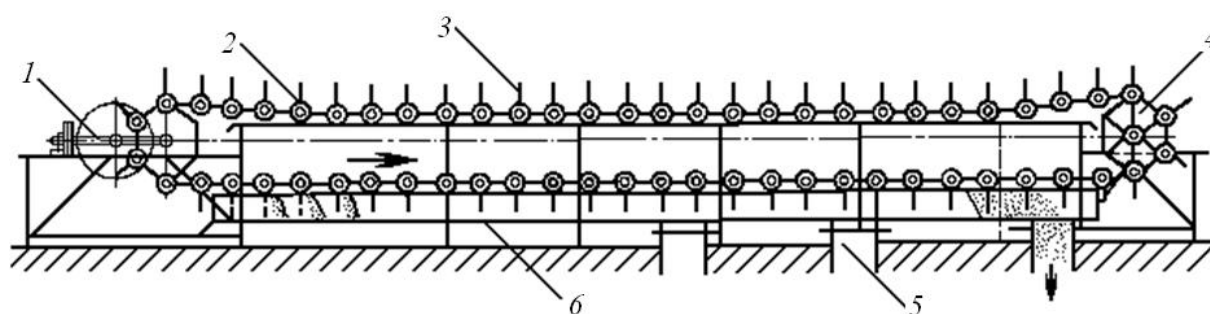


Рис. 1.75. Схема скребкового конвейера:

1 – натяжное устройство; 2 – тяговая цепь; 3 – скребки; 4 – приводные звездочки;
5 – разгрузочные люки; 6 – желоб днища

Материал может перемещаться как верхней, так и нижней ветвью скребкового конвейера, а в необходимых случаях и обеими. Скребковые пластинчатые конвейеры применяют для удаления шлама из отстойников в сооружениях для очистки воды или в системах гидравлической регенерации формовочных смесей.

3.1.5. Подвесные конвейеры

Подвесные конвейеры используют для непрерывного или периодического транспортирования различных штучных грузов. Например, горячие отливки после выбивки перемещаются в таре подвесного конвейера в термообрубное отделение. Стержни после изготовления на машинах транспортируются для последующей окраски, сушки и хранения, а также для подачи на сборку форм на литейный конвейер.

Подвесной конвейер (рис. 1.76) состоит из замкнутого тягового органа 2 с каретками 3, служащими для поддержания тягового органа и за-

крепления подвесок 4. Катки кареток с помощью тягового органа перемещаются по замкнутому подвесному пути 1. В качестве тягового органа применяют цепи всех типов (пластинчатые, сварные, литые и т. д.), а также стальные канаты. Иногда цепи выполняют двухшарнирными. Их оси расположены в двух перпендикулярных плоскостях, что обеспечивает большую гибкость цепи во всех направлениях. Трасса подвесного конвейера может быть горизонтально замкнутой или иметь сложный профиль с подъемами, спусками и поворотами. Эти конвейеры просты и надежны в эксплуатации.

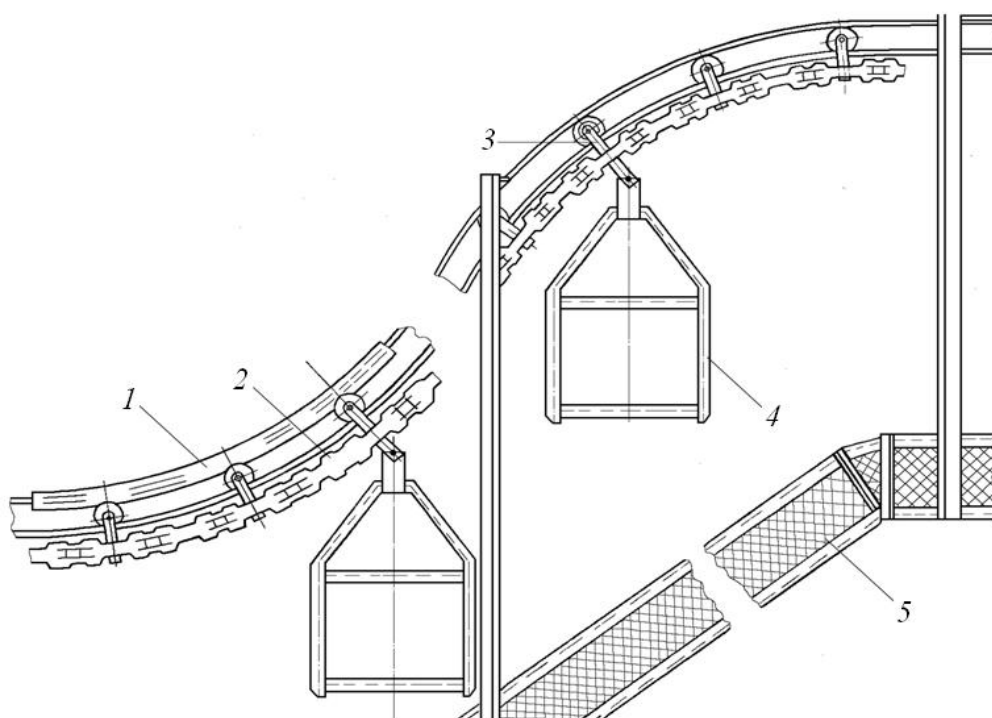


Рис. 1.76. Схема подвесного конвейера:

1 – подвесной путь; 2 – тяговый орган (цепь); 3 – каретка; 4 – подвеска;
5 – сетка ограждения

Подвесные конвейеры бывают *грузонесущие*, в которых каретки с подвесками для грузов постоянно соединены с цепью (рис. 1.77, а), и *толкающие*, у которых каретки с подвесками для грузов не имеют постоянного соединения с цепью и движутся с помощью кулачков, закрепленных на цепи (рис. 1.77, б). Цепь с каретками и кулачками движется по вспомогательному подвесному пути, а тележки с грузом – по основному грузовому пути.

В подвесных толкающих конвейерах, наиболее легко поддающихся автоматизации, толкающие каретки, соединенные с тяговой цепью, передвигаются по рельсовому пути на роликах. Грузовые тележки, не связанные с тяговой цепью, перемещаются по нижнему пути, расположенному под

вспомогательным. На тяговой цепи (а в других конструкциях – на грузовых каретках) закреплены качающиеся упорные рычаги, которые упираются в грузовую тележку (или выступ на тяговой цепи) и передвигают ее в заданном направлении.

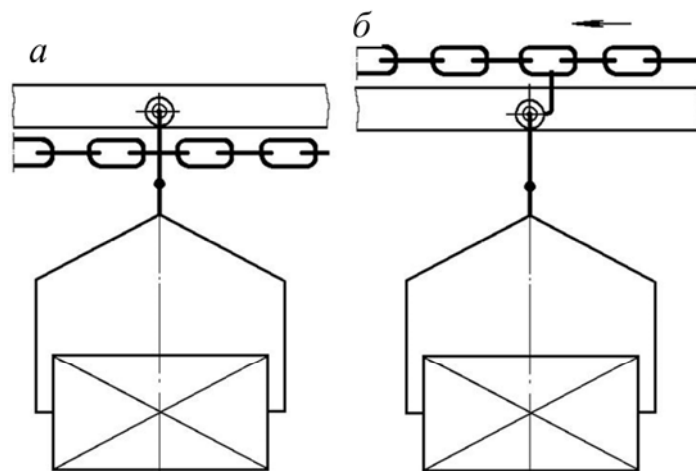


Рис. 1.77. Схема привода тележки подвешного конвейера:
а – грузонесущего; б – толкающего

Грузовые тележки не соединены непосредственно с тяговой цепью, поэтому, имея переводные стрелки на пути их перемещения, можно вручную или автоматически отводить грузовые тележки с основного пути на линию обработки и затем снова возвращать на основную трассу для дальнейшего следования. Это позволяет объединить в одну полностью автоматизированную систему отдельные, даже различные по ритму, транспортные и технологические операции.

Подвесные толкающие конвейеры выполняют следующие операции: переводят тележки с грузом с одного конвейера на другой с помощью автоматических или дистанционно управляемых стрелок, автоматически распределяют грузы по складским стеллажам с одновременной их сортировкой, выдают грузы со складов в требуемом ритме по заданной программе.

На ряде заводов подвесные толкающие конвейеры выполняют все перечисленные операции, связанные с изготовлением стержней, их отделкой, окраской, сушкой, транспортированием на склад, а также поадресное хранение, выдачу со склада по заданной программе к автоматическим формовочно-заливочным линиям.

Одно из важных преимуществ подвесных толкающих конвейеров – возможность автоматического учета транспортируемых изделий по каж-

дому наименованию независимо от их количества. Учет может быть как в штуках, так и по массе. В последние годы широко применяются усовершенствованные системы подвесных толкающих конвейеров с автоматическим управлением и адресованием груза, позволяющие механизировать трудоемкие работы.

Недостатки толкающих конвейеров: бóльшая габаритная высота, чем у обычных грузонесущих конвейеров, более высокая собственная масса конструкции на единицу длины пути, а также относительно высокая стоимость.

3.1.6. Винтовые конвейеры

Винтовым конвейером называют транспортирующее устройство непрерывного действия, рабочим органом которого является винт, вращающийся в желобе (рис. 1.78) [15].

Винтовые конвейеры применяют для транспортирования главным образом сухих материалов (пылевидного угля и глины) на небольшие расстояния и при сравнительно невысокой производительности. Желоб для винта в этом случае делают закрытым. Нередко короткие винтовые конвейеры ставят под бункерами свежих формовочных материалов в качестве питателей.

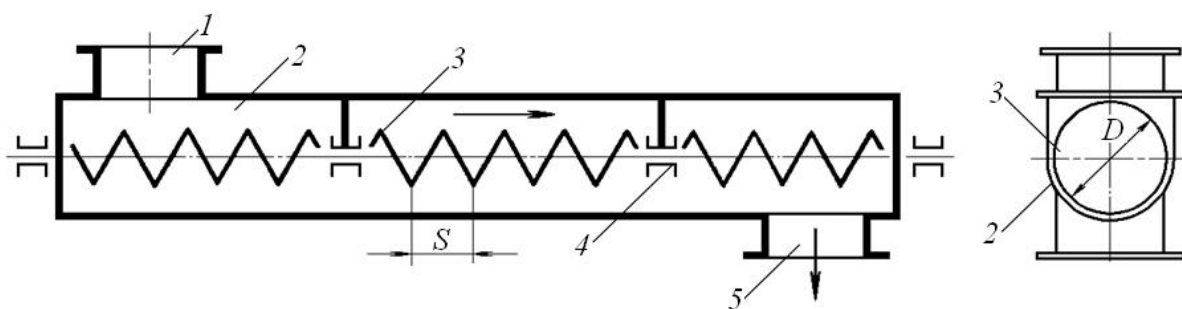


Рис. 1.78. Схема винтового конвейера:

1, 2 – загрузочный и разгрузочный участки; 3 – желоб (корыто) винта; 4 – винт;
5 – промежуточный подшипник

По числу спиралей винты конвейеров бывают одноходовыми и двухходовыми. Последние рекомендуется применять там, где винт служит питателем, так как двухходовой винт обеспечивает более равномерную подачу материала. Спирали (винтовые поверхности) делают либо стальными и приваривают к валу, либо чугунными литыми, в последнем случае секции такой спирали нанизывают на вал и укрепляют на нем.

Диаметр винта $D = 150 \div 600$ мм. Между винтом и желобом оставляют зазор 5–15 мм. Шаг винта s одноходового винта также нормализован и в зависимости от диаметра винта берется от 120–150 до 480–600 мм. Большие значения s рекомендуются для винтов, транспортирующих относительно более подвижные материалы, а меньшие – менее подвижные материалы.

Винты (обычно с пустотелыми валами) делают небольшой длины, чаще всего около 3 м. Для получения винта большей длины винты соединяют с помощью особых вставок, которые скрепляют с концами валов болтами. Поверхность такого соединительного стержня-вставки концами пустотелых валов опирается на промежуточный подшипник.

Производительность винтового конвейера, т/ч, может быть выражена следующим образом:

$$Q = 3600\varphi \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{sn}{60} \gamma = 60\varphi \frac{\pi D^2}{4} sn\gamma,$$

где D и s – размеры винта, м;

n – частота вращения вала, об/мин;

φ – коэффициент заполнения сечения желоба материалом, равный для песка 0,25–0,30;

γ – насыпная масса материала, т/м³.

Частоту вращения винтового конвейера, об/мин, определяют по эмпирической формуле

$$n = \frac{k}{\sqrt{D}},$$

где k – коэффициент, характеризующий свойства транспортируемого материала; для тяжелого неабразивного материала (уголь и др.) $k = 45$; для тяжелого абразивного материала (песок и т. д.) $k = 30$.

3.1.7. Качающиеся конвейеры

Качающийся конвейер представляет собой желоб, подвешенный на неподвижной раме. Желоб совершает колебательные движения, вследствие чего груз, находящийся в нем, перемещается.

Качающиеся конвейеры могут быть с переменным и постоянным давлением груза на желоб.

Качающийся конвейер с переменным давлением груза на желоб (рис. 1.79, а) состоит из стального желоба 1, совершающего колебательное движение на упругих стойках 2 под действием кривошипного механизма 3. Поскольку опорные стойки установлены наклонно к желобу, последний с грузом при движении вперед несколько приподнимается, а при движении назад опускается. Длину кривошипа выбирают малой по сравнению с длиной шатуна и длиной опорных стоек, вследствие чего закон изменения скорости желоба близок к синусоидальному, а само движение желоба можно рассматривать как прямолинейное.

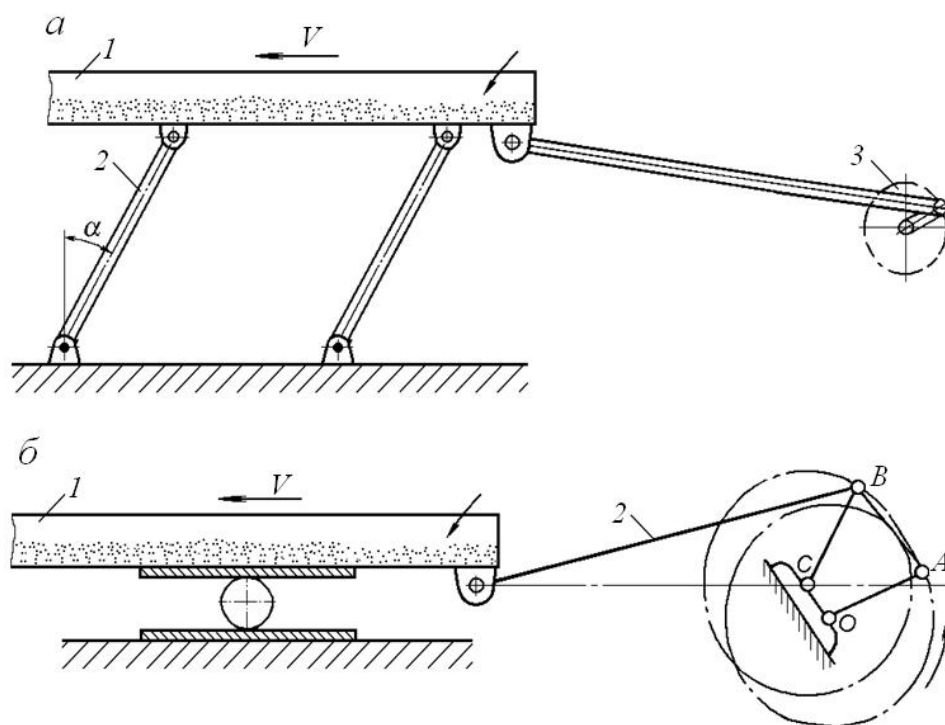


Рис. 1.79. Схема качающегося конвейера:

а – с переменным давлением груза на желоб;

б – с постоянным давлением груза на желоб

Амплитуда колебаний конвейеров с кривошипно-шатунным механизмом составляет 30–40 мм при числе циклов 300–400 в минуту. Упругие опорные стойки желоба устанавливают с наклоном под углом $\alpha = 2 \div 30^\circ$ относительно вертикали в сторону, обратную движению груза. Средняя скорость движения груза обычно составляет $v = 0,15 \div 0,20$ м/с. Для наклонных конвейеров с увеличением угла наклона желоба в сторону подъема скорость движения груза резко уменьшается, и угол наклона не превышает 15° .

Качающиеся конвейеры с постоянным давлением груза на желоб отличаются от конвейеров с переменным давлением тем, что желоб в них уста-

новлен на роликовых или шариковых опорах и совершает продольное поступательно-возвратное движение под влиянием двойного кривошипного механизма (рис. 1.79, б). Этот механизм состоит из шарнирного четырехзвенника $OABC$, в котором кривошип OA вращается равномерно, а кривошип BC , вращающийся неравномерно, передает колебательное движение желобу 1 через тягу 2 .

Высоту слоя материала в желобе принимают 50–100 мм. Коэффициент заполнения желоба обычно равен 0,5–0,6. Среднюю скорость передвижения груза в горизонтальном желобе принимают не выше 0,2 м/с. Амплитуда колебаний желоба составляет 50–100 мм, а частота – 1–2 Гц.

3.1.8. Вибрационные конвейеры

В отличие от качающихся конвейеров, в которых груз скользит по желобу, не отрываясь от него, вибрационные конвейеры (рис. 1.80) работают с такими ускорениями, вертикальная составляющая которых больше ускорения свободного падения. При этом частица груза отрывается от желоба и движется в виде непрерывно следующих один за другим микрополетов. При таком движении груз не дробится, не пылит и практически не изнашивает желоб. Наиболее рациональным транспортирование сыпучих грузов будет в том случае, если в конце микрополета частица попадет на желоб в начале следующего периода колебаний. Желоб или трубу вибрационного конвейера обычно устанавливают на пружинных подвесках. Частота колебаний вибрационного конвейера до 50 Гц при амплитуде менее 1 мм создается инерционными, электромагнитными, пневматическими и гидравлическими вибраторами.

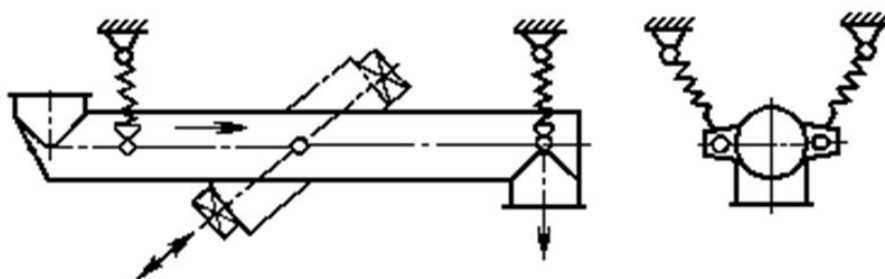


Рис. 1.80. Схема вибрационного конвейера

Инерционные вибраторы применяют в тех случаях, когда при небольших габаритных размерах и массе привода необходимо получить значительные возмущающие силы. К инерционным относится вибратор с де-

балансным электродвигателем (рис. 1.81, а). Большинство конструкций этого типа вибраторов рассчитано на одну постоянную рабочую частоту, но имеются вибраторы и с регулируемой частотой. Возмущающую силу также можно регулировать. Благодаря меньшей частоте колебаний (15–25 Гц) питатели с дебалансным электродвигателем работают менее шумно.

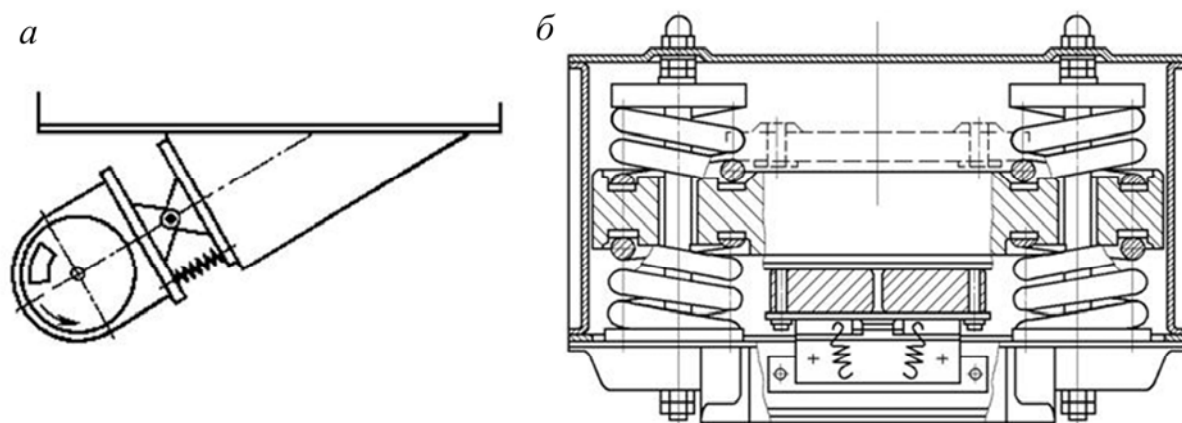


Рис. 1.81. Схемы вибраторов:

а – с дебалансным электродвигателем; б – электромагнитного

Наиболее совершенны *электромагнитные вибраторы* (рис. 1.81, б). В них нет трущихся и быстроизнашивающихся деталей, предусмотрена возможность регулирования амплитуды колебаний без прекращения работы установки.

Усилие, создаваемое электромагнитным вибратором, выражается зависимостью

$$P = ma\omega^2(\lambda - 1),$$

где m – масса перемещаемого материала;

a – амплитуда колебаний;

λ – отношение собственной частоты колебаний конвейера вместе с материалом ω_0 к частоте колебаний привода (вынужденная частота) ω .

Основные преимущества вибрационных конвейеров: возможность транспортирования груза в условиях полной изоляции от окружающей среды в закрытых желобах или трубах; возможность выполнения одновременно с транспортированием других технологических операций: сушки, охлаждения, смешивания, просеивания и др.; малое изнашивание несущего элемента (трубы или желоба); сравнительная простота конструкции устройства; возможность промежуточной загрузки и разгрузки; малый расход энергии при установившейся работе.

Наряду с горизонтальными вибрационными конвейерами в литейных цехах все чаще применяют вертикальные конвейеры для перемещения грузов по вибрационному желобу 2, идущему по винтовой линии вверх (рис. 1.82). Для этого желобу, установленному на пружины 3, сообщают возвратно-вращательное движение вокруг вертикальной оси и колебательное движение вдоль той же оси с помощью вибраторов 1.

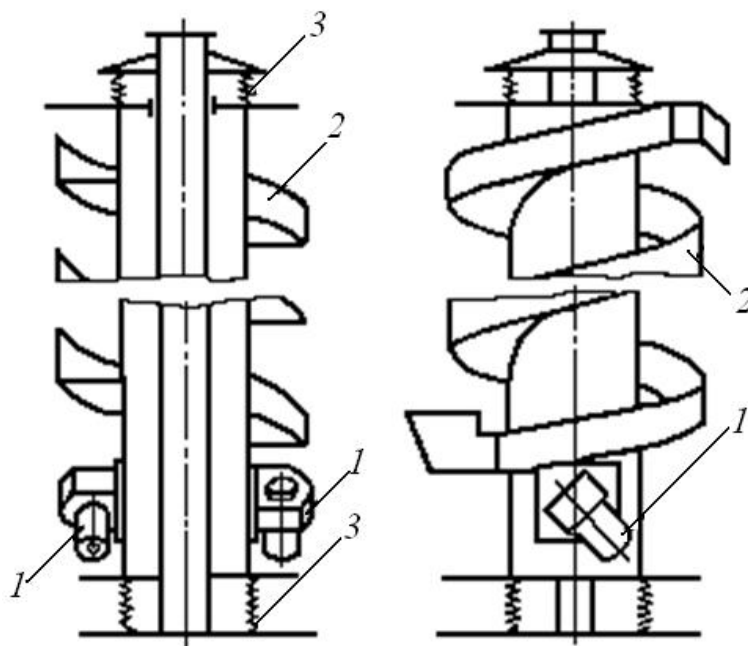


Рис. 1.82. Схема вертикального виброконвейера

Материал движется так же, как и в горизонтальном желобе, посредством микрополетов, но при вертикальном транспортировании эти полеты совершаются не по прямой линии, а по непрерывно изменяющейся касательной. Максимальная высота вертикальных вибрационных конвейеров достигает 8 м; отношение высоты к внешнему диаметру винтового желоба – до 10. С наибольшей скоростью транспортируются мелкокусковые и зернистые грузы (кокс, шлак, руда, песок, глина); с более низкой скоростью – пылевидные грузы (молотая глина, асбестовая крошка, молотый уголь, маршаллит).

Скорость перемещения грузов вертикальными вибрационными конвейерами находится в пределах 0,1–0,3 м/с. Угол наклона желоба обычно не превышает 15–20°.

Вибрационные конвейеры значительно (в 3–4 раза) экономичнее ленточных, а вибрационные питатели экономичнее ленточных, качающихся и тарельчатых питателей. Однако при транспортировании на расстояние более 50 м вибрационные конвейеры уступают ленточным как по металлоемкости, так и по расходу энергии.

3.1.9. Гравитационные устройства и роликовые конвейеры

Простейшими гравитационными устройствами служат наклонная плоскость, желоб, труба, по которым скатывается транспортируемый груз. Угол наклона желоба определяется коэффициентом трения между его поверхностью и материалом и углом естественного откоса (углом внутреннего трения материала). Обычно угол наклона желоба больше угла внутреннего трения на 5–10°. Иногда применяют спиральные спуски, в которых желоб выполнен по винтовой линии вокруг вертикальной оси.

К гравитационным устройствам для транспортирования грузов относятся роликовые конвейеры, в которых наклонная плоскость образована из ряда роликов, установленных на раме. Часто роликовые конвейеры делают приводными, в этом случае они не имеют наклона.

Иногда для перемещения грузов по горизонтальному роликовому конвейеру используют пневматические или гидравлические толкатели. Например, передача форм на заливочный конвейер и с конвейера на выбивное устройство осуществляется пневматическими толкателями по горизонтальному неприводному роликовому конвейеру, а движение отливок с выбивной решетки на пластинчатый конвейер или в тару подвешенного конвейера происходит по наклонному желобу под действием силы тяжести. Приводные роликовые конвейеры, обычно выполняемые секциями длиной 2–3 м, имеют единый групповой привод с конической зубчатой или цепной передачей.

3.1.10. Пневматический транспорт формовочных материалов и смесей

3.1.10.1. Схемы пневматических транспортных систем

Транспортирование сухих пылевидных материалов (например, молотых угля и глины) с помощью средств механического транспорта (элеваторов, ленточных и винтовых конвейеров и т. п.) является неудобным из-за сильного пыления материалов. Поэтому в первую очередь для таких материалов следует применять пневматический транспорт.

При пневматическом транспортировании материал особыми загрузочными приспособлениями вводится в трубопровод, по которому с большой скоростью движется воздух. Воздух увлекает с собой материал и транспортирует его по трубе до места разгрузки, где он осаждается в приемных устройствах. Таким образом можно транспортировать не только пылевидные, но и кусковые, не только сухие, но и влажные материалы. Однако уве-

личение размеров кусков требует повышения скорости воздуха, что приводит к значительному возрастанию расхода энергии на транспортирование материала. По этой причине пневматический транспорт применяют в основном для мелкозернистых материалов.

Основные преимущества пневматического транспорта – полная автоматизация транспортной системы, высокие санитарно-гигиенические показатели, высвобождение производственных площадей, минимальное количество обслуживающего персонала, простота установки и ее обслуживания, возможность передачи материала на большие расстояния (в несколько сотен метров).

Основные недостатки пневматического транспорта – высокое потребление энергии по сравнению с механическим транспортом и довольно быстрый износ отдельных частей трубопровода (в местах поворота трассы).

Пневматические транспортные устройства бывают двух типов: всасывающие и нагнетательные.

Во *всасывающей установке* (рис. 1.83) необходимая скорость воздуха в трубопроводе создается путем его всасывания из трубопровода при помощи вентилятора или воздушного насоса. Разрежение в трубопроводе достигает 0,03–0,05 МПа. Вентилятор устанавливают в конце трубопровода, за разгрузочным устройством, и он просасывает воздух через всю систему. В трубопровод материал засасывается на загрузочном конце через специальные сопла.

Всасывающие установки пневмотранспорта применяют для транспортирования материалов из разных мест к одному пункту при небольшой длине транспортирования.

В *нагнетательной установке* (рис. 1.84) необходимая скорость воздуха в трубопроводе создается за счет нагнетания его в трубопровод извне с помощью нагнетателя (обычно компрессора). Материал, подлежащий транспортированию, вводится в трубопровод через особое загрузочное приспособление. Нагнетатель помещается в самом начале трубопровода, по которому материал может из одного места передаваться к нескольким пунктам разгрузки. Давление воздуха в нагнетательных установках пневмотранспорта зависит от длины трубопровода и составляет от 0,2–0,3 до 0,5–0,6 МПа.

В литейных цехах пневматический транспорт применяют прежде всего для сухих пылевидных и мелкозернистых материалов: молотых угля и глины, свежих сухих песков при подаче их со склада или от места приго-

товления в смесеприготовительные установки. При этом обычно используют нагнетательную систему пневмотранспорта.

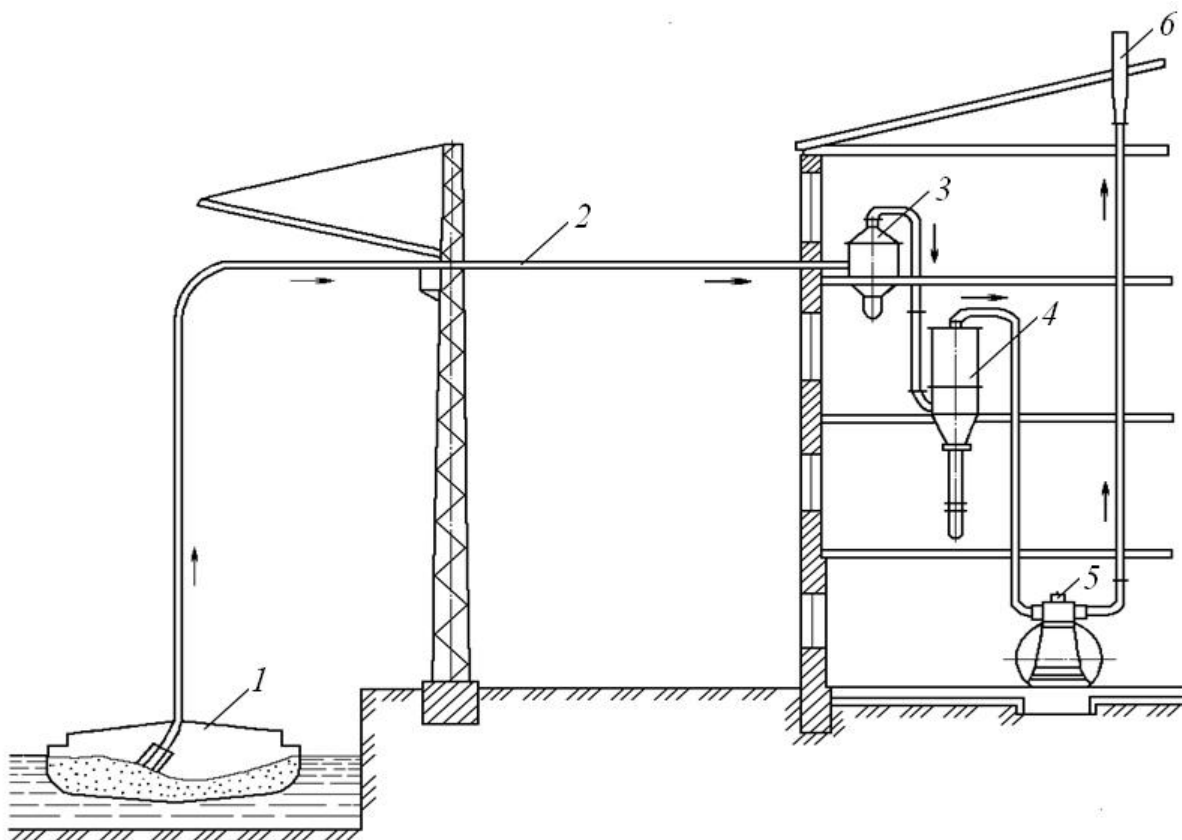


Рис. 1.83. Схема всасывающей установки пневмотранспорта:

1 – всасывающее сопло; 2 – трубопровод; 3 – разгрузочный циклон; 4 – фильтр;
5 – воздушный насос; 6 – выхлопная труба

Как показывает практика, применение пневмотранспорта для свежих песков ведет к их сильному дроблению и расслоению на различные по крупности фракции и не является поэтому оптимальным.

Пневмотранспорт всасывающей системы находит применение для подачи отработанной формовочной смеси от выбивных решеток литейного цеха в центральную смесеприготовительную установку.

В последнее время все большее применение находит пневматический транспорт рабочих формовочных и стержневых смесей от смесеприготовительных установок к местам потребления.

Чтобы частицы транспортируемого материала не осаждались в трубопроводе, они должны находиться в потоке воздуха во взвешенном состоянии. Скорость воздуха, при которой частица находится во взвешенном состоянии в вертикальной трубе и как бы парит, не опускаясь и не поднимаясь, называется *скоростью парения* (витания) данной частицы.

Для определения скорости парения v_b частиц шаровой формы А. О. Спиваковский рекомендует следующую формулу:

$$v_b = \sqrt{28,4 \frac{\gamma_k}{\gamma_b} \cdot d_k},$$

где γ_k – плотность материала частицы, кг/м³;
 γ_b – плотность воздуха, кг/м³;
 d_k – диаметр частицы, м.

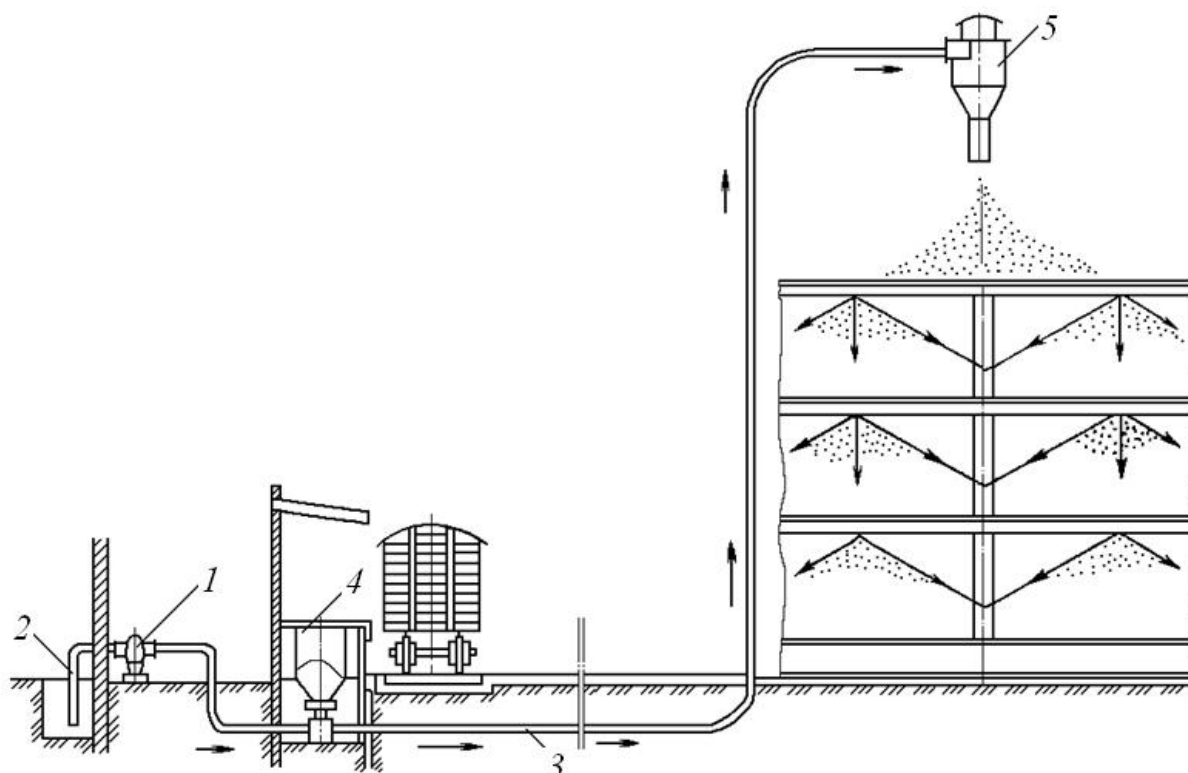


Рис. 1.84. Схема нагнетательной установки пневмотранспорта:

1 – компрессор; 2 – всасывающая труба; 3 – трубопровод; 4 – питатель;
 5 – разгрузочный циклон

Рабочую скорость воздуха в трубопроводе пневмотранспорта берут равной $1,1\text{--}2,0 v_b$. Большие значения принимают для более длинных трубопроводов при наличии большего количества местных сопротивлений и для влажных и тяжелых материалов.

При нормальной концентрации аэросмеси $\mu, \frac{\text{кг/с пыли}}{\text{кг/с воздуха}}$, транспор-

тируемый материал размещается в трубе неравномерно по сечению. В центре сечения трубы группируются более тяжелые и крупные частицы, а у стенок трубы образуется слой воздуха. Частица в горизонтальной трубе дви-

жется не прямолинейно, а скачками, периодически наталкиваясь на стенки трубы под влиянием силы тяжести и вихревого характера движения воздуха в трубе.

В нагнетательных установках пневматического транспорта пылевидных материалов загрузочными приспособлениями служат звездчатые, винтовые и другие питатели.

В качестве загрузочных устройств для пылевидных материалов применяют двойные цилиндры, представляющие собой два резервуара, которые устанавливают под спускными отверстиями двойного (двухрукавного) бункера с материалом. Каждый из цилиндров по очереди сообщается то с сетью сжатого воздуха, то с атмосферой. Это переключение производится автоматически. При сообщении цилиндра с атмосферой происходит наполнение его материалом. При впуске в цилиндр сжатого воздуха материал из него поступает в рабочий воздухопровод, где подхватывается и уносится проходящим воздухом.

Для разгрузки пылевидного материала при пневматическом транспорте обычно применяют так называемые циклоны. Циклон представляет собой цилиндрический сосуд, в который по касательной подводится труба. По трубе воздухом транспортируется материал. Вследствие кругообразного движения струи в циклоне частицы материала под действием центробежной силы отклоняются к его стенкам. Трение о стенки заставляет частицы материала быстро терять скорость, и под действием силы тяжести они падают в коническую нижнюю часть циклона, откуда и спускаются в бункер. Воздух, освободившийся от частиц материала, выходит наружу через центровую трубу. Эта труба имеет подвижную часть, которую можно устанавливать на разной высоте с целью регулирования осаждения пыли в циклоне. Иногда за циклоном приходится ставить матерчатый фильтр для окончательного обеспыливания воздуха до его выпуска в атмосферу.

3.1.10.2. Принцип расчета установки пневмотранспорта

При расчете установки для транспортирования пылевидных угля и глины задаются концентрацией смеси $\mu = 20 \div 40$ для угольной пыли и $\mu = 5 \div 20$ для молотой глины.

Зная величину μ , заданную производительность установки, легко найти секундный расход воздуха. Далее определяют скорость парения (витания) v_v транспортируемого материала и назначают скорость воздуха

в трубопроводе, которая должна несколько превышать скорость v_b , как об этом говорилось выше.

По величине секундного расхода воздуха и рабочей скорости легко рассчитать участки трубопровода. Участки трубопровода, по которым идет один воздух без материала (всасывающая и выхлопная трубы), рекомендуется рассчитывать так, чтобы скорость в них не превышала 10 м/с.

При расчете потерь давления на преодоление сопротивлений в трубопроводе, по которому движется аэросмесь, исходят из сопротивления трубопровода при продувании через него одного воздуха без транспортируемого материала.

Общее сопротивление, кгс/м², трубопровода системы при продувании через него одного воздуха составляет

$$p_b = p_b^1 + p_b^2 + p_b^3,$$

где p_b^1 – потери на трение на прямых участках трубопровода, кгс/м²;
 p_b^2 – потери на преодоление местных сопротивлений, кгс/м²;
 p_b^3 – потери на создание скоростного напора воздушной струи, кгс/м².

Потери на трение воздуха в прямых трубопроводах круглого сечения выражаются формулой

$$p_b^1 = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\gamma v^2}{2g}, \quad (1.9)$$

где λ – коэффициент трения для железных труб; $\lambda = 0,0125 + 0,0011/d$;
 l и d – длина и диаметр трубы, м;
 v – скорость воздуха в трубе, м/с;
 γ – плотность воздуха, кг/м³;
 g – ускорение силы тяжести; $g = 9,81$ м/с².

Опыты показывают, что потери на трение в прямых трубопроводах при движении по ним не одного воздуха, а аэросмеси с концентрацией μ значительно больше и могут быть найдены по эмпирической формуле

$$p_{cm}^1 = (1 + k\mu) \cdot p_b^1, \quad (1.10)$$

где k – опытный коэффициент, который для различных материалов колеблется в широких пределах, а при практических расчетах для пылевидного угля и глины может быть принят на уровне 0,3–0,4.

Потери давления на преодоление местных сопротивлений (повороты, закругления, изменения сечения струи и т. п.) при движении по трубопроводу одного воздуха составляют

$$p_{\text{в}}^2 = \sum \xi \cdot \frac{\gamma v^2}{2g},$$

где $\sum \xi$ – сумма гидравлических коэффициентов местных сопротивлений.

Вопрос о потерях давления на преодоление местных сопротивлений при движении по трубопроводу аэросмеси недостаточно изучен. Количественное влияние различных факторов (концентрация смеси, скорости, рода транспортирования материала и др.) мало известно. Поэтому при расчете рекомендуется поступать следующим образом. Найдя $p_{\text{в}}^2$ для воздуха, следует заменить, пользуясь формулой (1.9), сумму местных сопротивлений эквивалентной длиной прямого участка трубопровода. Далее по формуле (1.10) необходимо определить искомую величину $p_{\text{см}}^2$ потерь на преодоление местных сопротивлений для аэросмеси.

Величина скоростного напора воздушной струи будет равна

$$p_{\text{в}}^3 = \frac{\gamma v^2}{2g}.$$

Очевидно, что для аэросмеси с концентрацией μ , $\frac{\text{кг/с пыли}}{\text{кг/с воздуха}}$, скоростной напор составит

$$p_{\text{см}}^3 = (1 + \mu) \cdot \frac{\gamma v^2}{2g}.$$

Суммируя потери давления при транспортировании аэросмеси по трубопроводу, получим полное падение давления, которое должны компенсировать воздуходувная машина или источник питания сжатым воздухом, чтобы обеспечить заданный режим транспортирования:

$$p_{\text{см}} = p_{\text{см}}^1 + p_{\text{см}}^2 + p_{\text{см}}^3.$$

Пневматический транспорт готовых формовочных и стержневых смесей из смесеприготовительных установок к местам потребления является перспективным и в настоящее время находит все большее применение в литейных цехах.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите средства механизации и автоматизации, применяемые для транспортирования формовочных материалов и смесей, их технические характеристики.

2. Как классифицируют транспортное оборудование для транспортирования формовочных материалов и смесей?

3. Опишите конструкцию ленточного конвейера.

4. Укажите конструктивные особенности элеваторов, применяемых для транспортирования формовочных материалов и смесей.

5. Приведите классификацию и укажите конструктивные особенности конвейеров, применяемых для транспортирования формовочных материалов и смесей.

6. Приведите схемы пневматических транспортных систем.

7. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры пневмотранспортной установки для перемещения сухого песка. Используйте пример расчета 15 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 8 прил. 2.

РАЗДЕЛ 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Глава 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ МАШИН

4.1. Конструкции формовочных и стержневых машин

Основной вид оборудования современных литейных цехов – формовочные и стержневые машины, позволяющие механизировать трудоемкие и тяжелые работы по изготовлению литейных форм и стержней. Машинную формовку применяют в массовом, крупносерийном и мелкосерийном литейном производстве. Ее выполняют в двух опоках по модельным плитам – моделям, укрепленным на подмодельных плитах.

Машинная формовка имеет ряд преимуществ по сравнению с ручной. Она облегчает труд рабочего-формовщика, повышает производительность, позволяет получать отливки с более стабильными и точными размерами, уменьшает брак и т. д. Кроме того, машинная формовка обеспечивает лучшее использование площадей цеха, улучшает организацию труда формовщиков, что благотворно сказывается на качестве отливок и работе литейного цеха.

В современных литейных цехах применяют разнообразные формовочные машины. Большинство этих машин, несмотря на их различные конструктивные особенности, механизмируют главным образом две основные операции: уплотнение формовочной смеси и извлечение модели из набитой смесью опоки. На отдельных типах машин производится механизированный переворот полуформ на 180° и их сталкивание на сборочный рольганг.

Обычно форму изготавливают отдельно на двух машинах. Формовку верхних и нижних полуформ на одной машине (формы в целом) производят лишь на ручных машинах с поворотной плитой и при изготовлении безопочных форм. Иногда формовку выполняют на трех работающих в комплексе

машинах: две из них изготавливают нижние и верхние полуформы, а третья – стержни, которые одновременно устанавливают в форму.

В современном литейном производстве для изготовления литейных форм и стержней часто применяют машины одних и тех же типов. Поэтому будем рассматривать формовочные и стержневые машины совместно.

Формовочные и стержневые машины можно классифицировать по методам:

- 1) уплотнения формовочной смеси;
- 2) извлечения модели из формы;
- 3) приведения в действие машины (по роду привода).

По *методу уплотнения формовочной смеси* все машины делят на следующие основные типы:

- 1) ручные;
- 2) прессовые;
- 3) встряхивающие;
- 4) пескодувные;
- 5) пескометные.

По *методу извлечения модели из формы* выделяют формовочные и стержневые машины:

- 1) со штифтовым и рамочным подъемом опоки;
- 2) с протяжкой модели;
- 3) с поворотным и перекидным столом (поворотом формы на 180°).

Машины со штифтовым подъемом (рис. 2.1, 2.2). После уплотнения смеси опока снимается с модельной плиты при помощи четырех штифтов, расположенных по ее углам. Модельная же плита с моделью остается на столе машины, на котором она укреплена. Кромки формы вокруг модели (к на рис. 2.1) при съеме опоки находятся на весу и при высоких стенках модели могут обвалиться под действием как собственного веса, так и сил сцепления смеси с моделью. Поэтому машины со штифтовым подъемом опок моделей 271, 226, М242 применяются только для формовки простых по конфигурации и низких, хорошо вынимающихся из формы моделей. Однако наиболее выгодно использовать данные машины при изготовлении верхних полуформ, так как в этом случае исключается операция переворота опок при сборке форм.

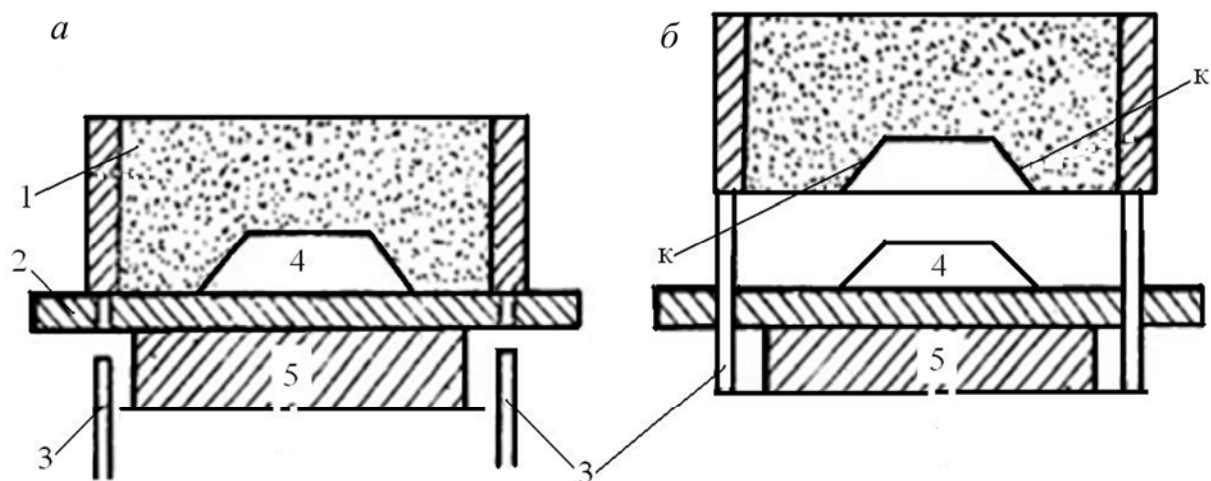


Рис. 2.1. Схема извлечения модели

из полуформы механизмом штифтового съема:

a – после уплотнения смеси; *б* – после извлечения модели; 1 – полуформа; 2 – модельная плита; 3 – штифты; 4 – модель; 5 – стол машины; к – края формы

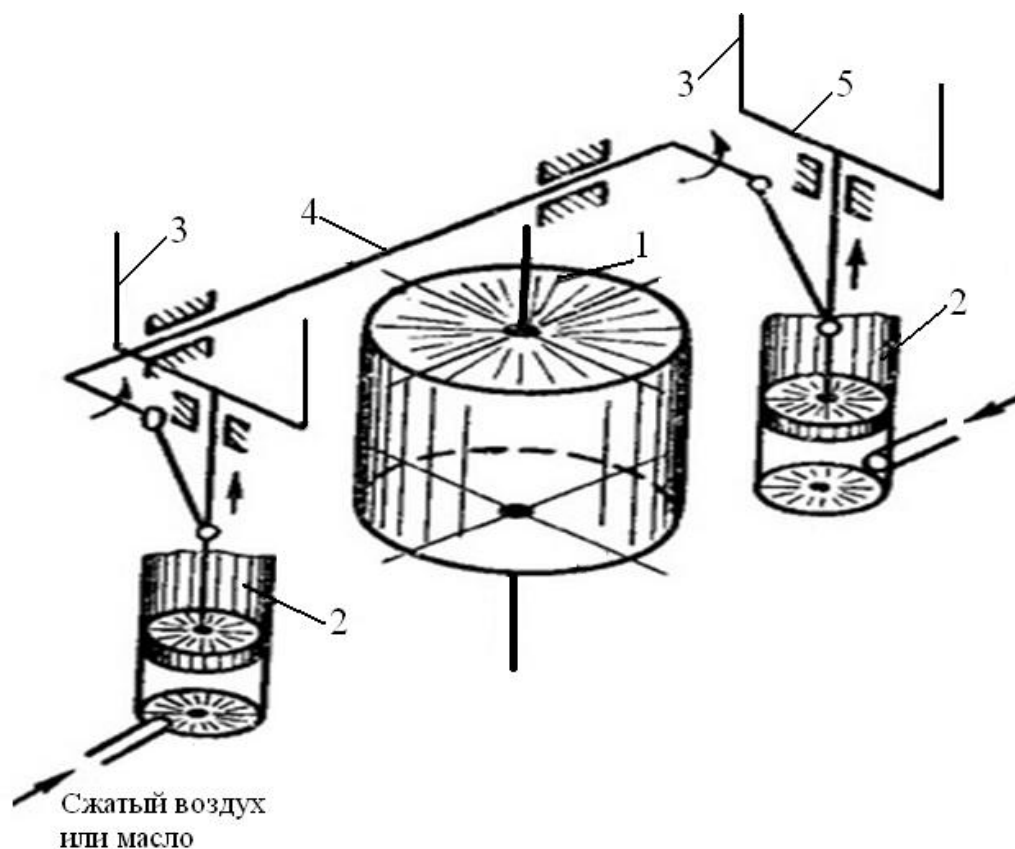


Рис. 2.2. Схема устройства механизма штифтового съема полуформы:

1 – механизм уплотнения смеси; 2 – поршневой механизм подъема штифтов; 3 – штифты; 4 – синхронизирующий вал; 5 – траверса для закрепления штифтов в рабочем положении

Машины с протяжкой модели. Протяжные плиты (рис. 2.3, *а*) используют при изготовлении особенно сложных отливок с малым уклоном вертикальных стенок (зубчатые колеса с литым зубом, корпуса радиаторов и др.). Они имеют одно или несколько специально вырезанных отверстий, точно соответствующих наружному контуру модели (рис. 2.3, *б*). При съеме опоки болваны смеси между высокими и близко расположенными ребрами модели под действием веса и сцепления с моделью легко могут обвалиться. Во избежание этого ребра модели выполняют проваливающимися, или протяжными. Сначала ребра проваливаются вниз через прорезы в модельной плите, после чего опоку снимают с оставшейся невысокой части модели, поднимая штифтами.

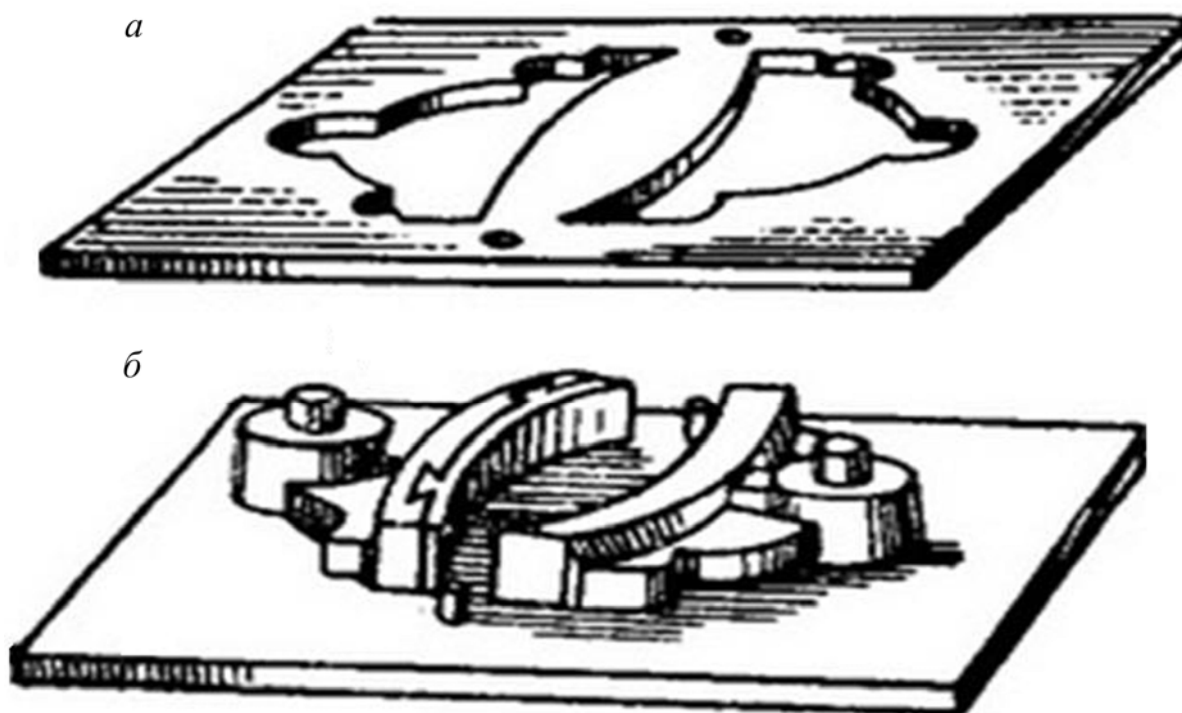


Рис. 2.3. Протяжная (*а*) и модельная (*б*) плиты

Протяжка может быть осуществлена и при помощи штифтового подъема протяжной плиты (рис. 2.4). В таком случае опока находится на особой протяжной плите, имеющей вырез по контуру модели. После уплотнения смеси опока с протяжной плитой снимается штифтами с модели. Протяжная плита поддерживает опасные кромки формы. При такой схеме не требуется наличия свободного места под столом машины. Поэтому ее чаще применяют в современных прессовых и встряхивающих машинах, в которых место под столом машины занято прессовым или встряхивающим цилиндром.

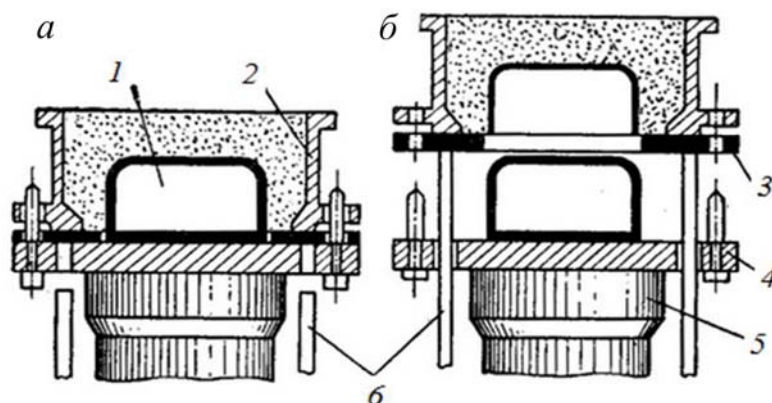


Рис. 2.4. Схема извлечения модели из полуформы механизмом штифтового съема при использовании протяжной плиты:
 а – после уплотнения смеси; б – после извлечения модели; 1 – модель, 2 – опока;
 3 – протяжная плита; 4 – модельная плита; 5 – стол машины; 6 – штифты

Машины с рамочным съемом полуформы. Учитывая невысокую жесткость штифтов, на более мощных машинах (моделей 266М, 265М, 2М265, 267М и 268) их заменяют рамкой 4, которая охватывает модельную плиту (рис. 2.5). По принципу работы и условиям применения машины с рамочным съемом опок ничем не отличаются от машин со штифтовым съемом.

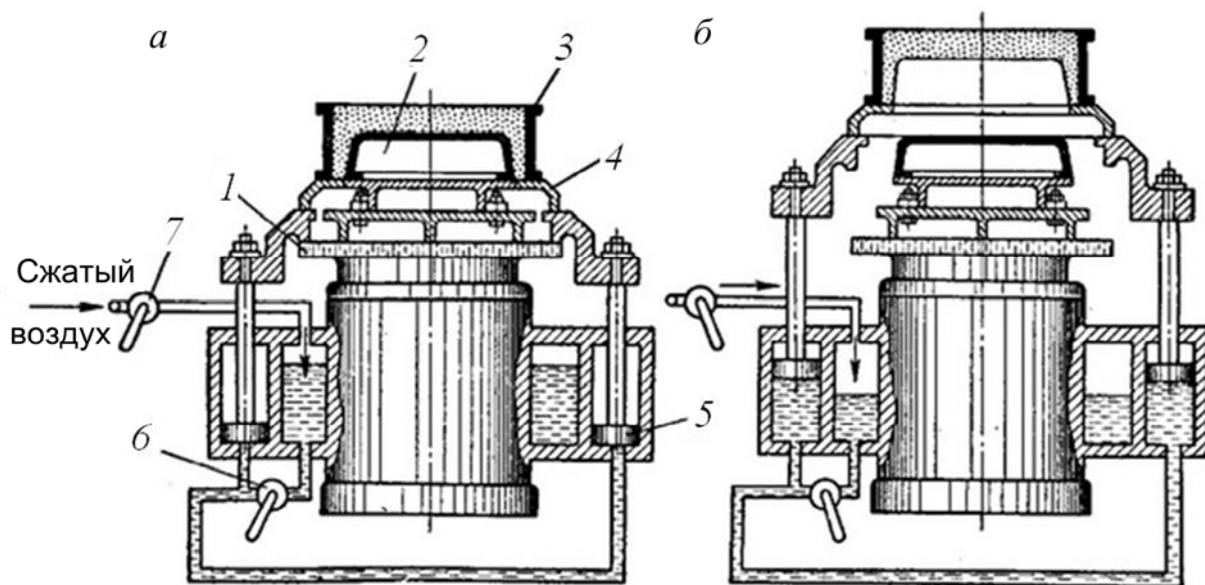


Рис. 2.5. Схема устройства механизма рамочного съема полуформы:
 а – после уплотнения смеси; б – после извлечения модели из полуформы;
 1 – стол машины; 2 – модельная плита; 3 – полуформа; 4 – рамка съема полуформы;
 5 – поршни штифтоподъемного механизма; 6 – кран фиксации протяжной рамки
 в верхнем положении; 7 – воздухораспределительный клапан

Выполнение выреза в протяжной плите точно по контуру модели – работа трудоемкая и кропотливая. Вырез должен быть сделан с зазором

относительно модели в 0,1–0,2 мм и обычно еще с заливкой баббитом. Часто его выполняют по упрощенному контуру, очерченному вокруг контура модели, несколько отступая от него.

Машины с поворотом формы на 180°. Принцип действия этих машин заключается в том, что уплотненная форма или стержневой ящик с набитым стержнем переворачивается на 180°, после чего в таком положении форма или стержень опускается на стол приемного устройства.

На практике применяют три конструктивные схемы машин: с поворотной плитой, с перекидным столом и с поворотом всего корпуса машины (поворотные).

Способ извлечения модели и относительное положение модели и формы во всех этих схемах одинаковы. Для вытяжки модели из формы должно быть осуществлено относительное вертикальное перемещение модельной плиты и формы. В машинах с поворотной плитой в одних конструкциях для этого приемное устройство перемещается по высоте, а модельная плита вместе с поворотной плитой остаются неподвижными. В других конструкциях, наоборот, поворотная плита вместе с модельной плитой поднимаются, а форма остается на неподвижном приемном столе. В машинах с перекидным столом ось поворота перекидного стола обычно не перемещается по высоте. Поэтому приемное устройство передвигается по вертикали и опока при вытяжке модели опускается на нем.

Извлечение модели из полуформы с помощью поворотного стола машины осуществляется на машинах моделей 253М, 254М и 255, на которых обычно изготавливают нижние полуформы. После уплотнения смеси в опоке (рис. 2.6, а) стол 4 с закрепленными на нем модельной плитой 3 и полуформой поворачивается на 180°, располагаясь над приемным столом 5 (рис. 2.6, б). Модель 1 извлекается из полуформы подъемом и последующим опусканием приемного стола 5 вместе с полуформой после того, как будут сняты пневматические зажимы, скрепляющие опоку с поворотным столом.

Извлечение модели из полуформы с помощью перекидного стола машины осуществляется на машинах моделей 231–237, которые рационально применять при изготовлении нижних полуформ, так как они выдают их разъемом кверху (это положение удобно для установки стержней и сборки формы). После уплотнения смеси в опоке (рис. 2.7, а) стол 3 машины с закрепленной на нем модельной плитой 2 и полуформой 1 перекидывается на позицию вынесенного в сторону приемного стола 5 (рис. 2.7, б), служа-

щего для извлечения модели из формы. Модель извлекается из полуформы при подъеме и последующем опускании (после того, как произойдет снятие клиньев, скрепляющих опоку с модельной плитой) приемного стола.

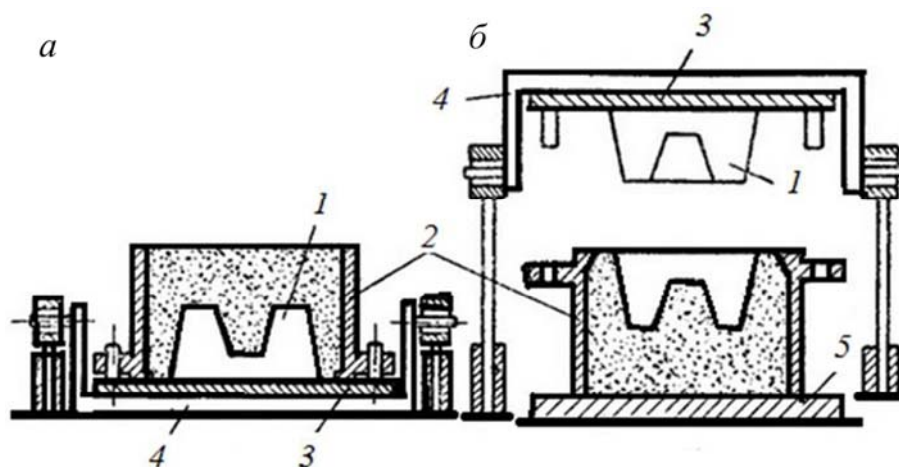


Рис. 2.6. Схема извлечения модели из полуформы на формовочной машине с поворотным столом:

а – после набивки полуформы; *б* – после извлечения модели из формы; 1 – модель; 2 – опока; 3 – модельная плита; 4 – поворотный стол; 5 – приемный стол

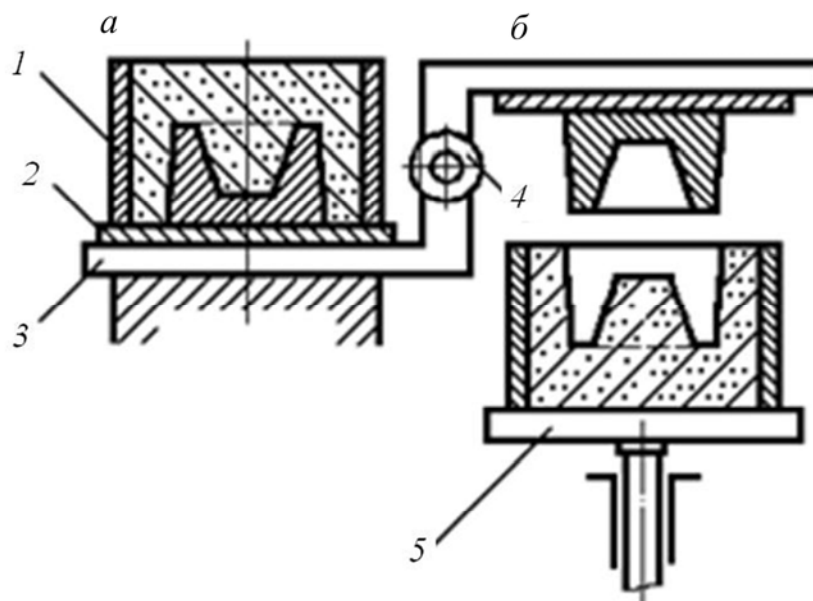


Рис. 2.7. Схема извлечения модели из полуформы на формовочной машине с перекидным столом:

а – после набивки полуформы; *б* – после извлечения модели из формы; 1 – полуформа; 2 – модельная плита с моделью; 3 – перекидной стол; 4 – поворотный механизм; 5 – приемный стол

В поворотных машинах (рис. 2.8) корпус вместе со встряхивающим и прессовым механизмами и уплотненной формой поворачиваются на 180° , после чего модель вытягивается вверх при обратном ходе прессового механизма, а форма остается на прессовой плите, с которой и удаляется.

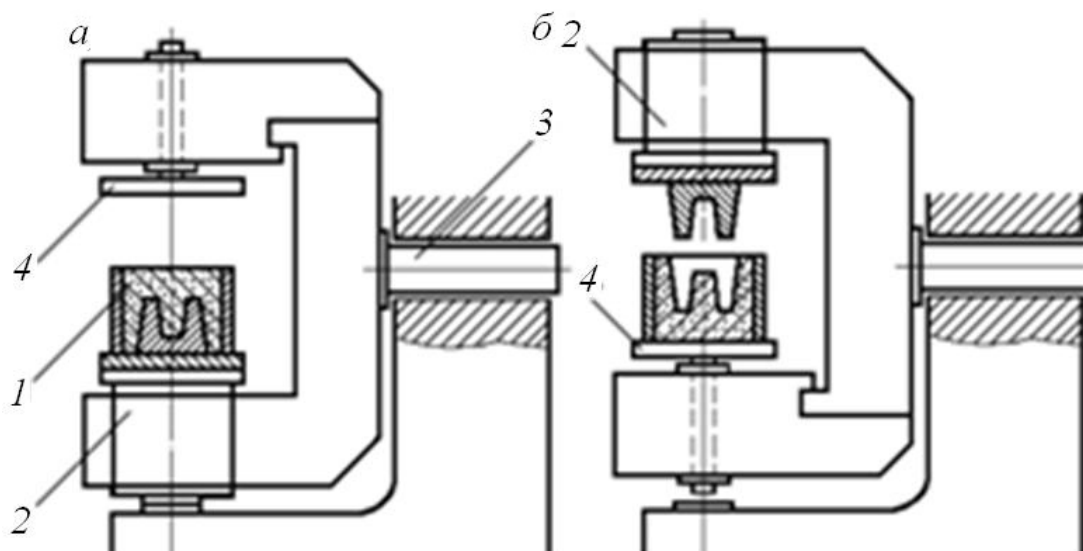


Рис. 2.8. Схема поворотной машины:

а и б – последовательные положения; 1 – полуформа; 2 – встряхивающе-прессовый механизм; 3 – цапфа; 4 – прессовая плита

Формовочные машины с поворотом формы на 180° следует применять при получении сложных отливок, когда в нижней полуформе или стержне имеются массивные и высокие сырые трудновынимаемые болваны. При других способах извлечения модели такие болваны, находясь на весу, могут обваливаться. Кроме того, эти машины целесообразно использовать при формовке по-сухому, при применении подсушиваемых, химически твердеющих и самотвердеющих форм.

Машины с поворотом формы на 180° при прочих равных условиях имеют вдвое большее число ходов на операции извлечения модели, чем машины со штифтовым подъемом или с протяжкой модели, поэтому они менее производительны и их следует применять лишь в тех случаях, когда это технологически необходимо. Большей частью (но не всегда) они бывают нужны для формовки нижних опок и обычно не требуются для формовки верхних опок, так как в них во избежание обвалов при сборке и заливке не располагают тяжелых и сырых болванов. Для нижних опок машины с поворотом формы на 180° удобны также тем, что они выдают полуформы разъемом вверх, т. е. в рабочем для сборки положении.

На практике формовку обычно производят на двух машинах различного типа: нижние полуформы изготавливают на машинах с поворотным или перекидным столом, а верхние – на машинах со штифтовым или рамочным съемом полуформы.

По *методу приведения в действие* (по роду привода) силовые формовочные и стержневые машины (т. е. имеющие не ручной, а механизированный привод) делятся на следующие типы:

- 1) ручные;
- 2) пневматические;
- 3) гидравлические;
- 4) механические;
- 5) электромагнитные.

Ручные формовочные машины, с помощью которых механизированы только операции перевертывания полуформ и извлечения модели, малопроизводительны и применяются в небольших полумеханизированных литейных цехах.

Гидравлический привод был первым силовым приводом формовочных машин. Привод был групповым, от водонапорной сети с давлением около 50 ат. По сравнению с пневматическим приводом, распространившимся позднее, в 1930-х гг. (избыточное давление воздуха в сети 5–7 ат), гидравлический привод имел преимущества: компактность рабочих цилиндров машин и плавность хода.

С развитием механизации литейного производства *пневматический привод* быстро вытеснил гидравлический привод формовочных машин. Это произошло главным образом потому, что сжатый воздух потребовался для ряда других механизмов и машин, появившихся в литейном производстве, и в цехе проще было иметь одну универсальную силовую пневматическую сеть. Пневматический привод машин наиболее распространен и в современном литейном производстве.

Однако сегодня в литейном производстве в связи с широким применением прессования литейных форм под высоким давлением и автоматизацией формовки гидравлический привод вновь находит применение, но уже в новой модификации, а именно в виде индивидуального масляного гидропривода. Индивидуальный гидравлический привод реализует все преимущества гидравлики и плавности хода и в то же время в нем нет недостатков старого группового гидропривода (сложность разветвленной сети, течь воды, опасность замерзания в зимнее время).

Пневматический привод остается единственным приводом только для встряхивающих и пескодувных формовочных и стержневых машин.

Механический привод от электродвигателя не применяется на прессовых и встряхивающих машинах. Для рабочих органов этих машин необходимо сравнительно медленное прямолинейное движение. Электродвигатель же сообщает быстрое вращение, требующее дополнительного устройства редукторов для его преобразования, что усложняет конструкцию машины. Единственная формовочная и стержневая машина, где механический привод от электродвигателя является наилучшим, – это пескомет. Здесь для приведения в действие ротора метательной головки как раз требуется быстрое вращательное движение, и вал ротора пескомета соединяется непосредственно с валом электродвигателя без всяких передач.

Электромагнитный привод иногда применяют для прессовых механизмов формовочных машин. В этом случае стол машины соединяется с сердечником, который перемещается по вертикали, втягиваясь внутрь катушки при пропускании по ней электрического тока. Электромагнитный привод в настоящее время не нашел в практике широкого применения, но представляет интерес в отношении расхода электроэнергии: он весьма экономичен, потому что в нем электроэнергия непосредственно преобразуется в механическое движение рабочих органов машины.

Электромагнитные машины отличаются бесшумностью в работе, высокой производительностью и низким расходом энергии, но пригодны только для изготовления форм в небольших и невысоких опоках.

4.2. Типы и маркировка формовочных машин

По ранее существовавшей классификации марки отечественных формовочных машин обозначались двумя буквами, указывающими на метод уплотнения смеси, и цифрой, характеризующей типоразмер (грузоподъемность, размер применяемых опок и т. д.). Встряхивающие машины имели номера ВФ-3, ВФ-20 и др., а прессовые – ПФ-3, ПФ-4 и т. д.

Согласно новой классификации марки машин обозначают тремя цифрами. Первая цифра обозначает группу, вторая – тип машины, третья – ее порядковый номер. Все формовочные и стержневые машины относятся ко второй группе машин литейного производства, и поэтому марка формовочной машины начинается с цифры 2. Исключение составляют машины спе-

циальных конструкций: с увеличенным ходом вытяжки стола (модель 794), с откатной тележкой (модели 845, 846, 847) и др. Группа формовочных машин делится на девять типов: 1 – ручные, 2 – прессовые, 3 – встряхивающие с перекидным столом, 4 – встряхивающие со штифтовым или рамочным съемом, 5 – встряхивающие с допрессовкой для формовки нижних опок, 6 – встряхивающие с допрессовкой для формовки верхних опок, 7 – встряхивающие с допрессовкой и штифтовым съемом, 8 – стержневые, 9 – пескометы.

Третья цифра марки – порядковый номер, который характеризует размеры и конструктивные особенности машины. Например, марка 267 присвоена машине для формовки в опоках 1000×800×350 мм, которая имеет встряхивающий и допрессовочный механизмы, а также рамочный съем опок. Маркой 268 обозначают машины подобной же конструкции, но предназначенные для опок больших размеров (1250×900×400 мм). Буква М, стоящая в начале или в конце марки, указывает на то, что конструкция машины подвергалась модернизации.

В соответствии с ГОСТ 7020–75 производятся пневматические встряхивающие формовочные машины следующих типов:

- без допрессовки со штифтовым съемом полуформы моделей 242М, 243, 244 и 845С;
- с допрессовкой и рамочным съемом полуформы моделей 266М, 265М, 2М265, 267М и 268;
- с поворотным столом и откатной тележкой моделей 845, 846 и 847;
- с допрессовкой и поворотным столом моделей 253М, 254М и 255;
- с перекидным столом и вытяжным механизмом моделей 231, 232, 233, 234М, 234А, 235, 236 и 237.

С учетом успешного опыта использования на ряде предприятий прессовых машин моделей ПФ-3 и ПФ-4 в последние годы были разработаны конструкции вибропрессовых формовочных машин 226 и Ф-61.

Формовочные машины изготавливают заводы «Амурлитмаш» (Комсомольск-на-Амуре), «Сиблитмаш» (Новосибирск), «Литмаш» (Павлоград) и др.

В последние годы на базе ряда указанных выше типов формовочных машин были разработаны, изготовлены и внедрены в производство формовочные полуавтоматы и автоматы моделей 91226, 91271, 91265, 94975 и др.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите типы и классификацию формовочных и стержневых машин по методу уплотнения, извлечения моделей из формы и приводу.
2. Опишите конструкции формовочных и стержневых машин.
3. Перечислите основные типы конструкций формовочных машин отечественного производства со ссылкой на их марки; укажите область их применения.
4. Укажите процессы машинного уплотнения смеси и механизмы извлечения модели из полуформы. Каковы их особенности и область применения?
5. Опишите конструкцию машины со штифтовым подъемом.
6. Охарактеризуйте конструкцию формовочной и стержневой машины с протяжкой модели.
7. Опишите конструкцию формовочной и стержневой машины с поворотом формы на 180° .

Глава 5. ПРЕССОВЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

В современных формовочных машинах применяют следующие способы уплотнения смесей в опоках: верхнее и нижнее прессование, вибропрессование, встряхивание, встряхивание с допрессовкой, пескометный и пескодувный.

5.1. Верхнее и нижнее прессование

Верхнее прессование смеси. Осуществляется подача сжатого воздуха в нижнюю часть цилиндра 1, благодаря чему прессовый поршень 2 поднимается вверх (рис. 2.9, а). При этом неподвижная прессовая колодка 7, жестко закрепленная на траверсе 8, входит внутрь наполнительной рамки 6 и уплотняет формовочную смесь в опоке 5 (рис. 2.9, б). После выпуска воздуха из-под прессового поршня процесс уплотнения смеси в опоке заканчивается (рис. 2.9, в). Уплотнение смеси прессованием отличается бесшумностью и высокой производительностью.

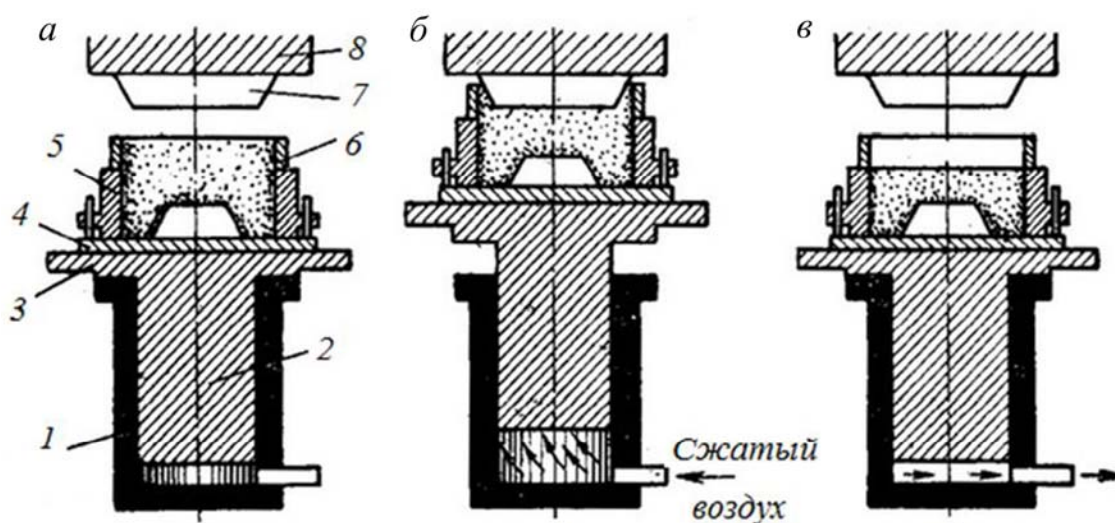


Рис. 2.9. Процесс уплотнения смеси на прессовой формовочной машине с верхним прессованием:

а – насыпка смеси в опоку; б – уплотнение смеси; в – возврат стола в исходное положение; 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – стол; 4 – модельная плита; 5 – опока; 6 – наполнительная рамка; 7 – прессовая колодка; 8 – неподвижная траверса

При верхнем прессовании формовочная смесь из наполнительной рамки запрессовывается в опоку прессовой колодкой со стороны, противоположной модельной плите. При этом способе прессования наибольшее уплотнение сме-

си наблюдается в верхних, нерабочих частях полуформы (у колодки), а пониженное – в рабочих слоях смеси, образующих полость формы (у модели), что может привести к искажению конфигурации отливки, так как при заливке формы они в большей степени подвергаются воздействию расплава. Переуплотнение смеси в верхних частях полуформы над моделью может вызвать снижение газопроницаемости формы. Особенно неравномерной плотность набивки смеси будет при применении моделей с неодинаковой высотой отдельных мест: чрезмерно большая на высоких частях и недостаточная – на низких. Чтобы обеспечить равномерное уплотнение смеси в опоке, увеличивают удельное давление прессования. Вместо обычного давления прессования 2–2,5 кгс/см² применяют повышенные (5–50 кгс/см²) или высокие (свыше 100 кгс/см²) давления прессования. Это способствует получению плотных литейных форм с гладкой и малоподатливой рабочей поверхностью, а следовательно, отливок с точными геометрическими размерами и низкой шероховатостью.

Также повышенное и более равномерное давление прессования обеспечивают заменой колодки 7 (см. рис. 2.9) прессовым устройством с гибкой диафрагмой или многоплунжерной головкой.

Нижнее прессование смеси. Осуществляется впуск сжатого воздуха в нижнюю часть цилиндра 1, благодаря чему прессовый поршень 2 поднимается вверх. При этом модель, смонтированная на модельной плите, укрепленной на прессовом столе, движущемся вверх при прессовании, входит внутрь опоки со стороны разъема литейной формы и уплотняет формовочную смесь (рис. 2.10, б, в). Наибольшая плотность получается в слоях, расположенных у модели, около которой (в верхней части рамки 5) предусмотрен запас рыхлой смеси (рис. 2.10, а). Наполнительной рамкой служит углубление в неподвижном столе машины. Нижнее прессование смеси обеспечивает точность контуров отливки. Оно используется в машинах моделей ПФ-3, ПФ-4 и 793.

Основной дефект прессования (переуплотнение смеси над моделью и недоуплотнение ее вокруг модели) наблюдается и при нижнем прессовании. Но здесь распределение уплотнения по высоте опоки более благоприятно: большее – в рабочих частях формы, около модели, меньшее – в нерабочих частях формы.

Следует отметить также, что при нижнем прессовании создаются более благоприятные условия для уплотнения узких карманов формы – объема смеси между стенками опоки и моделью. При верхнем прессовании (рис. 2.11, а) уплотняемая в таком кармане смесь испытывает и со стороны опоки, и со сто-

роны модельной плиты одинаково направленные вверх силы трения. Это трение постепенно снимает со смеси часть силы прессования, в результате чего на дне карманов смесь часто уплотняется недостаточно. При нижнем прессовании (рис. 2.11, б) такой узкий карман прессуется снизу. И если уплотняемая в нем смесь испытывает от стенки опоки трение, снимающее с нее часть силы прессования, то вдвигающаяся снизу в опоку модель своим трением о смесь, наоборот, увеличивает силу прессования, увлекая смесь за собой. Эта разница может быть наглядно показана на различных изгибах, получаемых при исследовании горизонтальных слоев смеси (см. рис. 2.11).

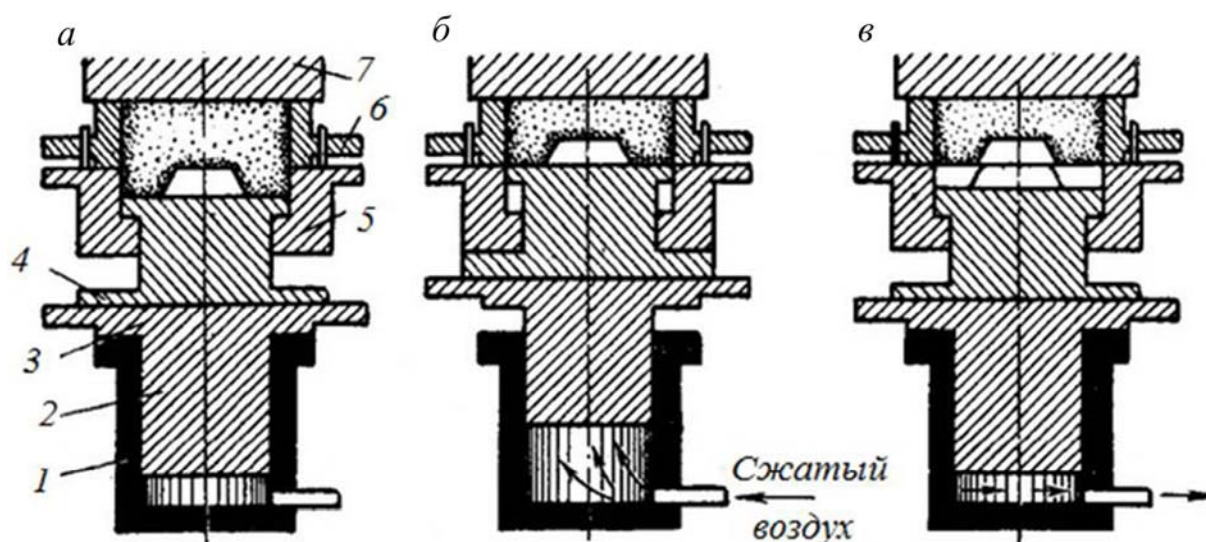


Рис. 2.10. Процесс уплотнения смеси на прессовой формовочной машине с нижним прессованием:

а – насыпка смеси в опоку; *б* – уплотнение смеси; *в* – извлечение модели из полуформы; 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – стол; 4 – модельная плита; 5 – рамка; 6 – опока; 7 – неподвижная траверса

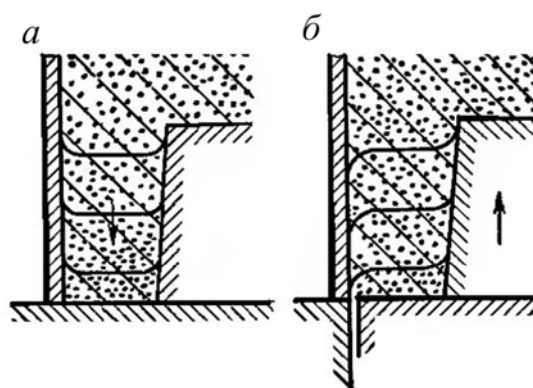


Рис. 2.11. Условия уплотнения карманов формы при верхнем (*а*) и нижнем (*б*) прессовании

Более благоприятные условия уплотнения при нижнем прессовании имеют место, однако, лишь для карманов формы, находящихся между моделью и стенками опоки. Карманы же формы, находящиеся между двумя моделями, расположенными на модельной плите, одинаково плохо прессовываются как при верхнем, так и при нижнем прессовании.

Несмотря на некоторые технологические преимущества нижнего прессования, на практике чаще применяют верхнее прессование литейных форм вследствие свойственной ему большей простоты конструкции машин и более легкой переналадки технологической оснастки.

5.2. Основные закономерности прессования

Аналитическое уравнение прессования. Исходя из общих положений о характере деформации сжатия дисперсных систем типа связных сыпучих тел, высказанных применительно к грунтам Г. И. Покровским [13], можно вывести аналитическое уравнение прессования.

Если предположить, что сжимающая сила P с деформацией сжатия ε должна возрастать вследствие увеличения числа точек контакта песчинок по простейшей зависимости

$$dP = kP \cdot d\varepsilon,$$

где $k = \text{const}$, то после интегрирования и подстановки начального условия (в начальный момент при $\varepsilon = 0$ сопротивление системы уплотнению равно P_0) получим

$$P = P_0 e^{k\varepsilon}.$$

Введя вместо сил P и P_0 давления p и p_0 , а вместо абсолютной деформации ε относительную деформацию $\lambda = \frac{\Delta H}{H_0}$ (H – текущая, H_0 – начальная высота смеси в форме) и обозначив $1/k$ через ρ – коэффициент уплотняемости смеси в данной форме, получим

$$p = p_0 \varepsilon^{\frac{\lambda}{\rho}}. \quad (2.1)$$

Для обычных случаев практики $p_0 = 0,01 \div 0,1$ кгс/см² (0,001 ÷ 0,01 МПа), а $\rho = 0,04 \div 0,07$.

Уравнение (2.1) не претендует на универсальность и удовлетворительно согласуется с опытными данными лишь в диапазоне давлений прессования $p = 15 \div 20 \text{ кгс/см}^2$ ($1,5 \div 2,0 \text{ МПа}$).

Эмпирические уравнение прессования. На практике часто пользуются эмпирическими уравнениями прессования. Различными авторами предложено несколько таких уравнений. Приведем два из них.

1. Уравнение П. Н. Аксенова [1] имеет следующий вид:

$$\delta = 1 + Cp^{0,25}. \quad (2.2)$$

Средняя объемная масса формовочной смеси δ , которой оценивается степень уплотнения смеси, составляет для хорошо уплотненной формы около $1,6\text{--}1,8 \text{ г/см}^3$. Для очень рыхлой засыпки в опоку смеси, например через сито, начальная плотность δ_0 (до уплотнения формы) составляет около $1,0 \text{ г/см}^3$; для смеси, поступившей в опоку из бункера или дозатора, $\delta_0 = 1,15 \div 1,20 \text{ г/см}^3$. В уравнении (2.2) начальная плотность смеси δ_0 условно принята равной 1 г/см^3 . Давление прессования p выражено в кгс/см^2 . Коэффициент уплотняемости $C = 0,4 \div 0,6$; его величина зависит от свойств смеси и размеров прессуемой формы. С увеличением высоты смеси в опоке (до прессования) H_0 , см, коэффициент уплотняемости уменьшается согласно эмпирической зависимости

$$CH^{0,19} = 0,92 \quad (2.3)$$

вследствие того, что в более высокой опоке более значительная доля работы прессования поглощается трением смеси о стенки опоки.

Уравнение (2.2) установлено на основании опытов с прессованием литейных форм производственных размеров и достаточно хорошо совпадает с эмпирическими данными для давлений прессования до $5\text{--}10 \text{ кгс/см}^2$ ($\sim 0,5 \div 1,0 \text{ МПа}$).

2. Уравнение О. А. Беликова [2] можно записать в виде

$$\delta = \delta_{10} + n \lg p, \quad (2.4)$$

где n – коэффициент уплотняемости; $n = \delta_{10} - \delta_1$;

δ_1 – средняя степень уплотнения смеси при давлении прессования $p = 1 \text{ кгс/см}^2$ ($\sim 0,1 \text{ МПа}$);

δ_{10} – средняя степень уплотнения при $p = 10 \text{ кгс/см}^2$ ($\sim 1 \text{ МПа}$).

Уравнение (2.4) согласуется с опытными данными его автора в диапазоне давлений прессования до $30\text{--}40 \text{ кгс/см}^2$ ($\sim 3\text{--}4 \text{ МПа}$) [2].

Работа прессования. На основании уравнений прессования можно найти выражение для работы прессования. Работа прессования опоки площадью F , см^2 , составляет, кгс/см^2 :

$$A = F \int_0^s p \cdot ds,$$

где p – давление прессования, кгс/см^2 ;

s – перемещение прессовой колодки, см .

Выразив s через высоту H_0 смеси в опоке до прессования и объемные массы (δ_0 – массу до прессования и δ – текущую объемную массу в процессе прессования), получим

$$s = H_0 \left(1 - \frac{\delta_0}{\delta} \right); \quad ds = H_0 \delta_0 \cdot \frac{d\delta}{\delta^2}.$$

Из уравнения (2.2) $p = \left(\frac{\delta - 1}{C} \right)^4$.

Подставим полученные выражения для p и ds в формулу работы:

$$A = \frac{FH_0\delta_0}{C^4} \int_{\delta_0}^{\delta} \frac{(\delta - 1)^4 \cdot d\delta}{\delta^2}.$$

Значение интеграла обозначим через $\varphi(\delta)$. Оно равно

$$\varphi(\delta) = \frac{1}{3}\delta^3 - 2\delta^2 + 6\delta - \frac{1}{\delta} - 4\ln\delta - \frac{10}{3}.$$

Окончательное выражение для работы можно записать в виде

$$A = \frac{FH_0\delta_0}{C^4} \cdot \varphi(\delta).$$

Приняв $\delta_0 = 1 \text{ г/см}^3$, $\delta = 1,6 \text{ г/см}^3$, $\varphi(\delta) = 7 \cdot 10^{-3}$ и взяв согласно формуле (2.3) коэффициент уплотняемости $C = 0,92H_0^{0,19}$, получим

$$A = 0,01H_0^{1,76}.$$

Влияние вибрации на уплотнение формовочной смеси прессованием. Вибрацией называются вынужденные колебания, имеющие высокую частоту и малую амплитуду. При изготовлении литейных форм на машинах вибрацией пользуются при вынимании моделей из формы, для чего на модельной плите устанавливается вибратор (обычно пневматический). Виб-

рация модельной плиты и модели во время съема облегчает отделение модели от формы и уменьшает возможность прилипания и повреждения формы.

Однако вибрация может быть использована и для уплотнения литейных форм. При действии вибрации на формовочную смесь происходит непрерывное изменение взаимного расположения ее частиц вследствие того, что они совершают колебательные движения. При этом увеличивается вероятность возникновения комбинаций их расположения, благоприятных для деформации уплотнения. Подвижность частиц смеси при вибрации способствует уменьшению как внутреннего, так и внешнего трения формовочных смесей при их уплотнении.

На практике с большим успехом уплотнение с помощью вибрации используют для грунтов и бетонов, и применительно к этим материалам оно изучено наиболее полно. Так, установлено, что при вибрации коэффициент внутреннего трения грунтов резко падает, а скорость деформации уплотнения существенно возрастает, и тем резче, чем больше частота вибрации.

Как было установлено экспериментально, вибрация уплотняемой формы во время прессования является эффективным способом увеличения степени уплотнения смеси (рис. 2.12). В данном случае включался обычный вибратор, которым снабжена машина для пользования во время съема заформованной опоки.

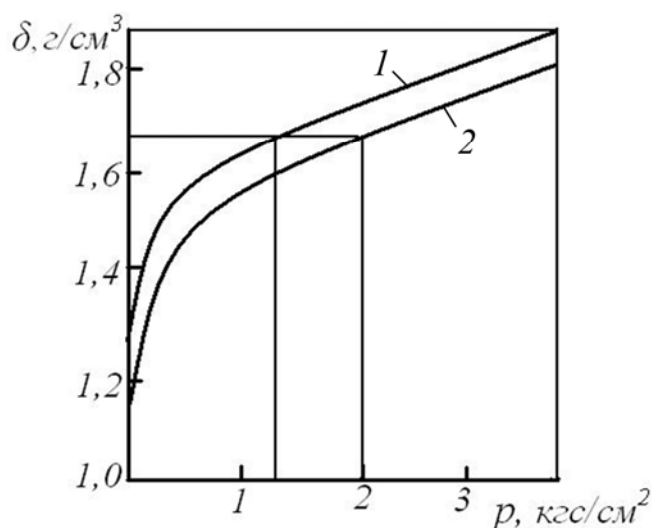


Рис. 2.12. Влияние вибрации во время прессования на степень уплотнения формовочной смеси:

1 — с вибрацией; 2 — без вибрации (опока 250×250 мм, $H_0 = 210$ мм)

Исследования показали, что процесс уплотнения формовочной смеси заканчивается и степень уплотнения стабилизируется при продолжитель-

ности вибропрессования 8–10 с. Дальнейшая выдержка под прессом и вибрация являются бесполезными. Точно так же при одинаковой продолжительности вибропрессования плотность смеси становится достаточной уже при средних давлениях прессования. Так, при продолжительности вибропрессования 1 с и давлении прессования 5–6 кгс/см² достигается средняя степень уплотнения 1,65–1,70 г/см³. Принцип вибропрессования смеси использован в машинах моделей 226 и Ф-61.

Геометрические соотношения при прессовании. Масса формовочной смеси, находящейся в литейной форме, не меняется в процессе уплотнения. Поэтому средняя степень уплотнения, оцениваемая средней объемной массой δ , изменяется при прессовании обратно пропорционально изменению высоты смеси в опоке.

В отдельных вертикальных объемах формы, например в столбах смеси, находящихся над моделью и вокруг нее, изменение степени уплотнения также приближенно можно считать обратно пропорциональным изменению высоты каждого из этих столбов, если пренебречь частичным горизонтальным перетеканием смеси (обменом формовочной смесью между столбами). На основе этих простейших геометрических соотношений рассчитывают элементы технологической оснастки при прессовании.

Расчет высоты наполнительной рамки. Если в опоке отсутствует модель или же она настолько мала, что ее объемом можно пренебречь (рис. 2.13, а), то основное условие, что масса смеси в опоке до прессования будет равна ее массе после прессования, можно записать следующим образом:

$$(H + h)\delta_0 = H\delta,$$

где δ_0 и δ – средняя объемная масса смеси в опоке до и после прессования.

Отсюда получаем формулу для расчета высоты наполнительной рамки:

$$h = H \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right). \quad (2.5)$$

При прессовании плоской прессовой колодкой опоки с моделью, имеющей объем V (см. рис. 2.5, б), основное условие приобретет вид

$$[F(H + h) - V]\delta_0 = (FH - V)\delta,$$

где F – площадь опоки в плане.

Отсюда высота наполнительной рамки

$$h = \left(H - \frac{V}{F} \right) \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right). \quad (2.6)$$

Здесь V/F является приведенной величиной модели (при распространении объема модели на всю площадь опоки F), а $H - V/F$ – приведенной высотой опоки (с учетом модели).

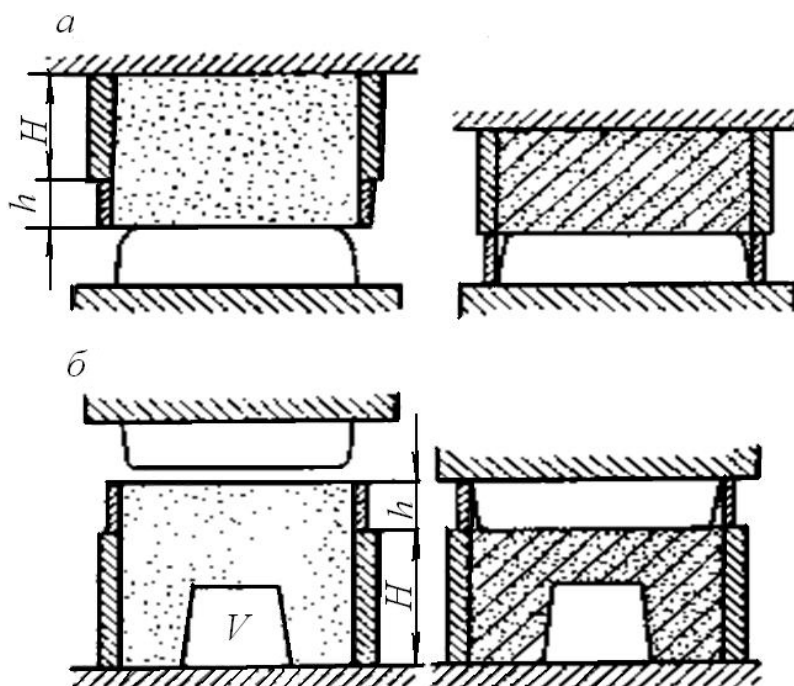


Рис. 2.13. К расчету высоты наполнительной рамки:

a – опока без модели; *б* – опока с моделью

Расчет профильной прессовой колодки. Для уменьшения разности в степени уплотнения формовочной смеси над моделью и вокруг нее при прессовании часто применяют профильные прессовые колодки (рис. 2.14, *a*). Основное условие неизменяемости массы смеси для столба I (*A*) над моделью и столба II (*B*) вокруг модели можно записать в этом случае следующим образом:

$$(H + h - H_m)\delta_0 = (H - H_m)\delta, \quad (H + h)\delta_0 = (H - x)\delta.$$

Предполагается, что оба столба смеси уплотняются до одинаковой степени уплотнения δ . Решив совместно приведенные уравнения, найдем выражение для высоты уступа x профиля колодки:

$$x = H_m \left(1 - \frac{\delta_0}{\delta} \right).$$

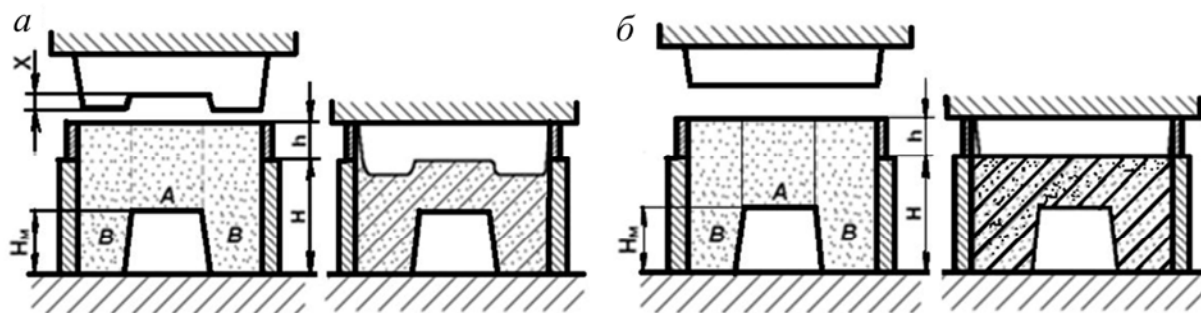


Рис. 2.14. К расчету геометрических соотношений при прессовании:
а – для профиля прессовой колодки; *б* – для профиля засыпки смеси в опоку

Если в опоке формируется модель сложной конфигурации, имеющая участки с различной высотой, то для каждого участка по формуле (2.6) находят значения высоты уступа x и соответственно им строят профиль прессовой колодки (рис. 2.15, *а*).

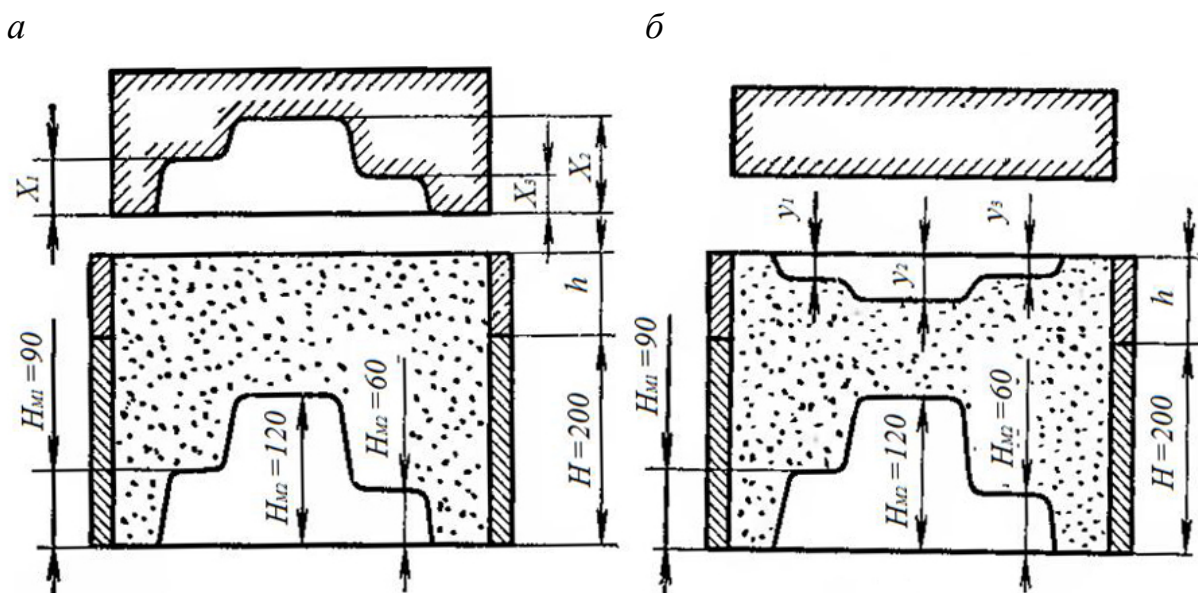


Рис. 2.15. Примеры построения профиля прессовой колодки (*а*)

и профиля засыпки смеси (*б*) в опоку со сложной моделью:

а – $\delta_0 = 1,15 \text{ г/см}^3$; $\delta = 1,55 \text{ г/см}^3$; $h = 28 \text{ мм}$; $x_1 = 23 \text{ мм}$; $x_2 = 31 \text{ мм}$; $x_3 = 15 \text{ мм}$;

б – $\delta_0 = 1,15 \text{ г/см}^3$; $\delta = 1,55 \text{ г/см}^3$; $h = 70 \text{ мм}$; $y_1 = 32 \text{ мм}$; $y_2 = 42 \text{ мм}$; $y_3 = 21 \text{ мм}$

Высота наполнительной рамки при прессовании профильной колодкой определяется по формуле (2.5), но, как очевидно, не по высоте опоки H , а по высоте $H - H_m$ столба смеси I:

$$h = (H - H_m) \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right).$$

Расчет профильной засыпки смеси в опоку. Для выравнивания степени уплотнения смеси над моделью и вокруг нее можно принять прессование плоской колодкой, но с профильной засыпкой смеси в опоку перед уплотнением (рис. 2.14, б). В этом случае основное условие неизменности массы смеси в столбах I и II можно записать так:

$$(H - H_m + h - y)\delta_0 = (H - H_m)\delta, (H + h)\delta_0 = H\delta,$$

что позволяет определить высоту уступа y профильной засыпки:

$$y = H_m \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right). \quad (2.7)$$

Нетрудно увидеть, что при одинаковой высоте модели H_m высоты уступов y профильной засыпки будут в δ/δ_0 раз больше, чем соответствующие высоты уступов x профильной колодки. Это вызвано тем, что первые выполнены в разрыхленной, а вторые в уплотненной смеси.

Для сложной модели, имеющей участки с различной высотой, нужно найти по формуле (2.7) высоты уступов для каждого участка и затем по ним построить общий профиль засыпки смеси. Пример такого построения приведен на рис. 2.15, б.

5.3. Прессование под высоким давлением

Чистое прессование, верхнее и нижнее, применяется для ограниченного диапазона размеров опок, обычно до высоты 200–250 мм, и производится с давлением на прессовой колодке 0,25–0,3 МПа. Вместо него чаще применяется прессование под высоким давлением. Началом разработки метода прессования под высоким давлением является прессование гибкой диафрагмой.

Прессование гибкой диафрагмой. Гибкая диафрагма, смонтированная на головке машины, к которой снизу прижимается опока (рис. 2.16), при впуске сжатого воздуха в головку деформирует формовочную смесь в опоке больше всего в тех местах, где она меньше уплотнена и где участок формы более податлив. В результате уплотнение смеси в форме вокруг модели будет приблизительно таким же, как и над моделью. Следовательно, прессование диафрагмой устраняет главный технологический недостаток метода уплотнения литейных форм прессованием (переуплотнение смеси над моделью и недоуплотнение вокруг нее).

Давление диафрагмы на смесь при прессовании будет равно давлению воздуха в цеховой сети 0,5–0,6 МПа (5–6 кгс/см²). Для диафрагменно-

го прессования применяют обычные формовочные смеси. Стойкость резиновой диафрагмы составляет от 10 до 60 тыс. съемов (формовок). Для обеспечения стойкости диафрагмы ее площадь должна быть значительно больше площади опоки. В нерабочем состоянии, до прессования, диафрагма втягивается в головку подсосом. Для прессования диафрагмой строят специальные формовочные машины.

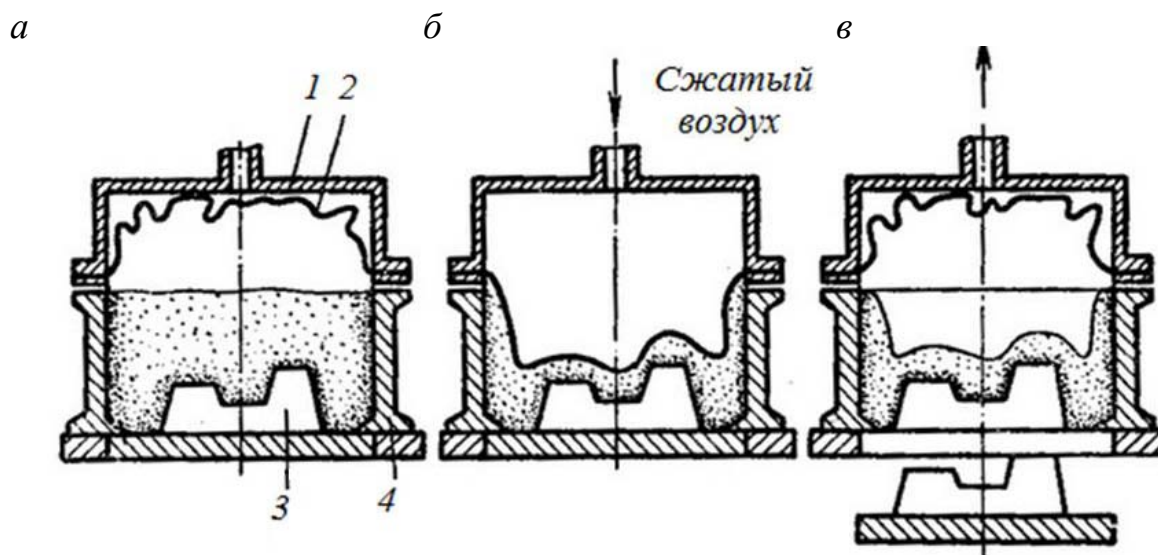


Рис. 2.16. Принцип прессования литейных форм гибкой диафрагмой:

а – перед прессованием; *б* – прессование; *в* – выхлоп, подъем диафрагмы и вытяжка модели; 1 – кожух; 2 – резиновая диафрагма; 3 – модельная плита; 4 – опока

Прессованием диафрагмой можно изготавливать оболочковые формы из быстросохнущих смесей на жидком стекле с последующей продувкой углекислым газом оболочек непосредственно на модельной плите. Для этого диафрагма должна быть двухслойной с перфорированной нижней и сплошной верхней резиной. После прессования полуформы между диафрагмами подается CO_2 , и таким образом осуществляется продувка и твердение отформованной оболочковой полуформы до снятия ее с модельной плиты. Размеры рабочей полости полуформы при этом не искажаются, и отливки получают повышенной точности.

Диафрагменное прессование дает практически равномерное уплотнение форм с моделями только при условии достаточно большого расстояния между моделью и стенкой опоки и между соседними моделями. Абсолютная величина расстояния от модели до стенки опоки или между соседними моделями должна быть не менее 40–50 мм.

Главный производственный результат этого метода уплотнения – повышенная точность получаемых отливок. Резкое увеличение действующих на форму уплотняющих нагрузок, или сжимающих напряжений, необхо-

димое для получения форм высокой твердости, и является основной технологической особенностью данного процесса, которую можно охарактеризовать как интенсификацию процесса прессования.

Прессование жесткой прессовой колодкой. Дальнейшее развитие метода прессования под высоким давлением сопровождалось еще большей интенсификацией процесса, т. е. увеличением применяемых давлений прессования. От диафрагменного прессования с давлением 0,5–0,6 МПа (5–6 кгс/см²) перешли к прессованию жесткой прессовой колодкой с давлением прессования 1,5–2,0 МПа (15–20 кгс/см²), а на многих заводах – 4–5 МПа (40–50 кгс/см²).

При увеличении давления прессования разница в степени уплотнения формы над моделью и вокруг нее постепенно уменьшается (рис. 2.17). Однако ограниченная подвижность формовочных смесей обычного типа и отсутствие гибкости у жесткой прессовой колодки влекут за собой значительную неравномерность уплотнения при формовке больших по объему и плохо обтекаемых моделей. Как дополнительное средство выравнивания плотности формы частично используют специальные формовочные смеси с добавками, придающими им повышенную текучесть. Применяют также прессование не плоской, а профильной колодкой, которое дает лучшие результаты, но все же недостаточно выравнивает плотность формы над моделью и вокруг нее.

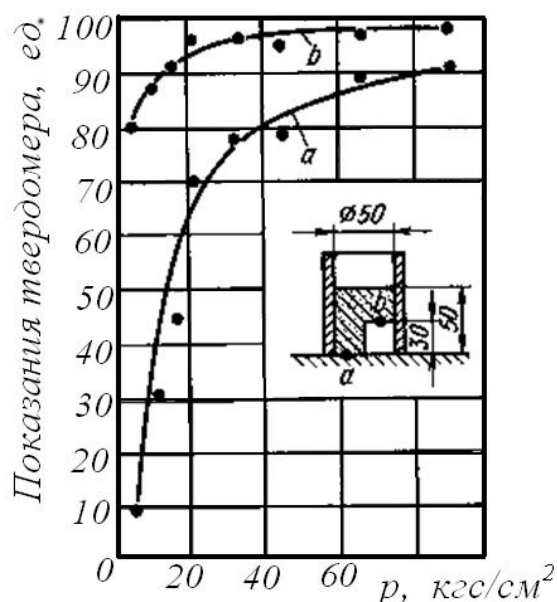


Рис. 2.17. Изменение текучести по ступенчатой пробе формовочной смеси с 10 % глины при 3,2 % влажности при различном давлении прессования:
а и б – твердость образца по твердомеру Дитерта

Еще один способ выравнивания плотности формы – прессование литейных форм под высоким давлением жесткой прессовой колодкой, покры-

той со стороны прессуемой формы толстым блоком мягкой резины. При прессовании эта упругая колодка деформируется с сохранением своего объема и на менее твердых участках формы (вокруг модели) обжимает форму больше, чем на более твердых, менее податливых участках (над моделью), где она деформирует формовочную смесь на меньшую глубину. Благодаря этому происходит некоторое выравнивание плотности набивки на разных участках. Однако полностью неравномерность уплотнения не устраняется.

Прессование с применением многоплунжерной головки. В настоящее время наиболее эффективным является прессование под высоким давлением с помощью многоплунжерной или многоштемпельной головки. Этот процесс находит широкое промышленное применение.

Принцип работы многоплунжерной прессовой головки заключается в следующем (рис. 2.18). На штоках гидроцилиндров, которых множество (30–100), внизу укреплены прессующие башмаки, уплотняющие формовочную смесь в опоке. Между этими башмаками имеются небольшие зазоры. Рабочие пространства всех цилиндров над плунжерами питаются от одной трубы, подводящей масло от гидронасоса. Каждый башмак под давлением масла на плунжер прессует находящийся под ним участок формы с одним и тем же усилием и деформирует его независимо от соседних участков, в меру податливости смеси в данном месте формы. Очевидно, что система таких башмаков равномерно обжимает и пропрессовывает смесь как над моделью, так и вокруг нее подобно гибкой диафрагме. Разница только в том, что диафрагма дает плавный, непрерывно очерченный контур обжатия модели, а многоплунжерная головка дает дискретный профиль обжатия, разорванный на отдельные ступеньки (под каждым башмаком). Прессование многоплунжерной головкой позволяет получать любое высокое давление на единицу площади башмака, т. е. любую степень интенсификации процесса прессования.

На рис. 2.18 показана активная многоплунжерная головка с впуском масла под давлением в общее для всех цилиндров рабочее пространство над их плунжерами. На практике находит применение также пассивная многоплунжерная головка с постоянным и изолированным, запертым крапом общим рабочим пространством цилиндров, которое заполнено маслом без давления (рис. 2.19, а). Формовочная машина в этом случае имеет отдельный прессовый механизм, при действии которого головка служит пассивным упором с рядом башмаков, самоустанавливающихся выше или

ниже, в меру различной податливости прессуемых под ними участков формы и сохранения постоянства объема общего масляного пространства над плунжерами (рис. 2.19, б). При действии активной головки сила прессования зависит от давления впускаемого в нее при прессовании масла, а при действии пассивной головки – от усилия поршня прессового механизма.

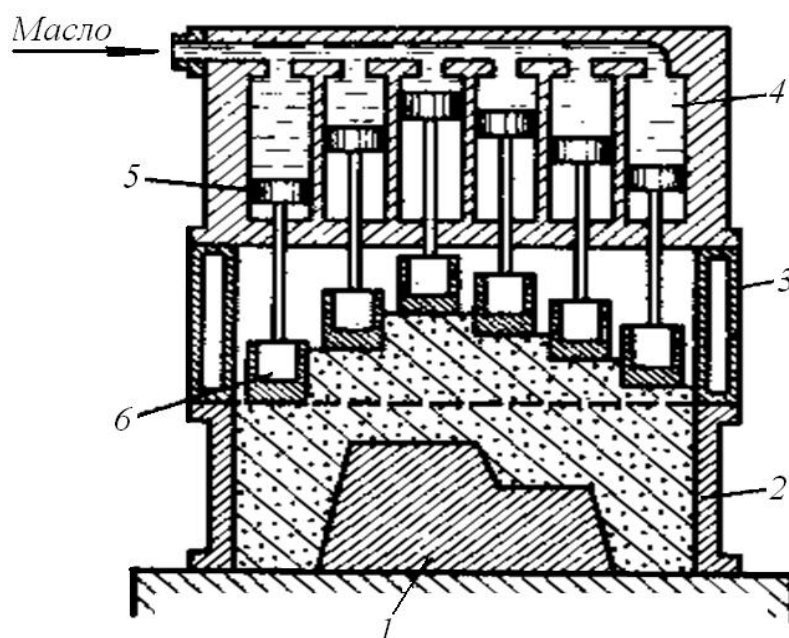


Рис. 2.18. Схема прессования формовочной смеси в опоке многоплунжерной головкой:

1 – модель; *2* – опока; *3* – наполнительная рамка; *4* – многоплунжерная прессующая головка; *5* – поршень башмака; *6* – прессующий башмак

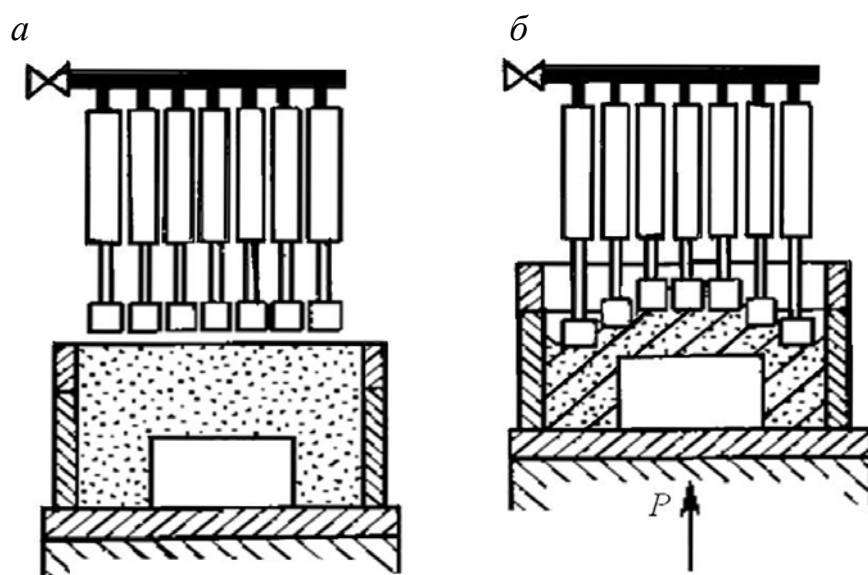


Рис. 2.19. Принцип работы пассивной многоплунжерной прессовой головки

При уплотнении форм чистым прессованием с помощью многоплунжерных головок обычно применяют активные прессовые головки.

Прессование с применением сочетания пневматического цилиндра с механическим усилителем рычажного типа. Высокие удельные давления прессования смесей создают механизмом, представляющим собой сочетание пневматического цилиндра с механическим усилителем рычажного типа (рис. 2.20).

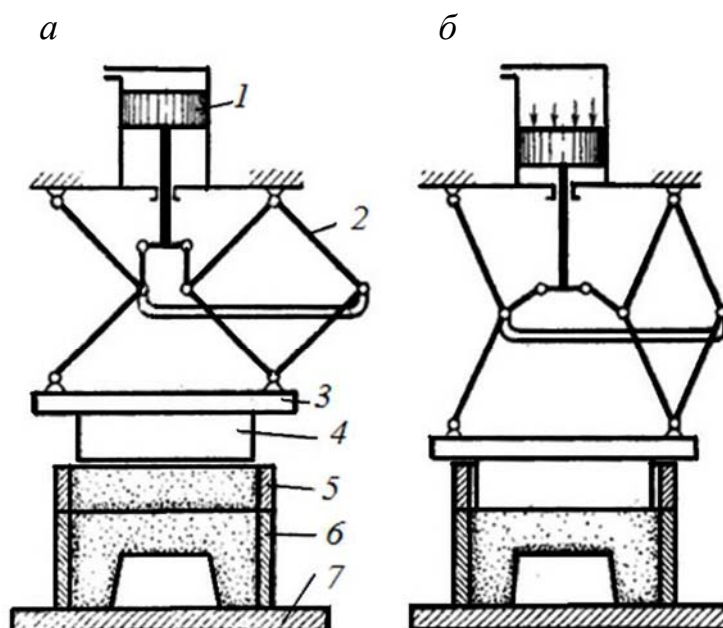


Рис. 2.20. Схема рычажного механизма прессовой формовочной машины:
 а – перед прессованием; б – после прессования; 1 – прессовый поршень; 2 – рычажный механизм; 3 – прессовая плита; 4 – прессовая колодка; 5 – наполнительная рамка;
 6 – опора; 7 – модельная плита

Такие механизмы позволяют увеличивать силу прессования по ходу прессового стола при постоянной нагрузке рабочего цилиндра. Выбором соотношения размеров звеньев шарнирного механизма можно получать требуемое усилие прессования одновременно с уменьшением площади рабочего поршня машины, сокращать расходы сжатого воздуха.

5.4. Рабочий процесс и расчет прессового механизма

5.4.1. Индикаторная диаграмма пневматического прессового цилиндра

Рассмотрим рабочий процесс пневматического прессового цилиндра формовочной машины по индикаторной диаграмме (рис. 2.21). Предположим, что имеется прессовая машина с верхним прессованием и с обычным

расположением механизма, а именно с неподвижной во время прессования траверсой и прессовой колодкой и поднимающимся прессовым поршнем со столом, на котором расположены модельная плита, опока и наполнительная рамка. Перед началом прессования между прессовой колодкой и верхней кромкой наполнительной рамки имеется зазор z см. При построении индикаторной диаграммы ход поршня s (в см) будем откладывать по ординате, а абсолютное давление в цилиндре p (в ат) – по абсциссе.

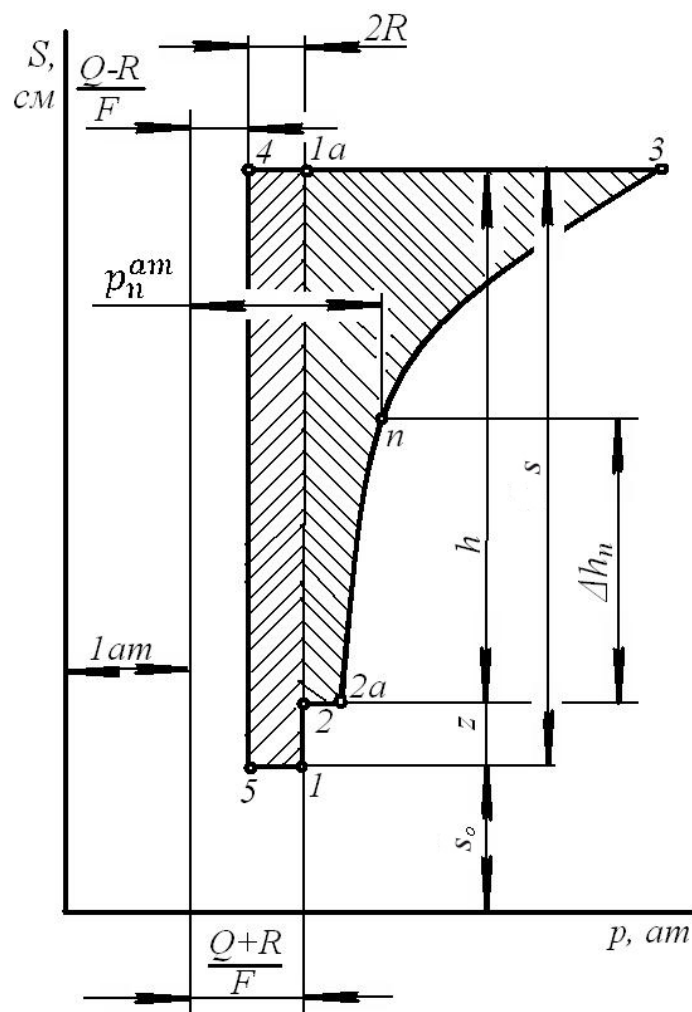


Рис. 2.21. Индикаторная диаграмма прессового цилиндра пневматической формовочной машины

Точка I начала хода вверх будет иметь следующие координаты:

1) ординату, равную приведенной высоте вредного пространства прессового цилиндра, см:

$$s_0 = \frac{V_0}{F},$$

где V_0 – объем вредного пространства, см^3 ;
 F – площадь поршня, см^2 ;

2) абсциссу, соответствующую избыточному давлению, ат:

$$p_1 = \frac{Q + R}{F},$$

где Q – вес поднимаемых частей (поршня, стола, модельно-опочной оснастки и формовочной смеси), кгс;

R – сила трения, кгс.

На участке хода $1-2$, на протяжении которого выбирается зазор z между прессовой колодкой и поверхностью формовочной смеси в наполнительной рамке, давление под поршнем не изменяется.

С точки 2 и до конца хода вверх происходит прессование формы, и давление под прессовым поршнем растет с увеличением сопротивления формы уплотнению.

Если начальная плотность смеси в опоке была $\delta_0 = 1 \text{ г/см}^3$, то согласно уравнению (2.2) сопротивление формы уплотнению в начальный момент прессования $p_0 = 0$. Линия прессования индикаторной диаграммы покажет плавное нарастание давления от точки 2.

Если же, как это обычно бывает на практике, начальная плотность смеси $\delta_0 > 1 \text{ г/см}^3$, то сопротивление формы уплотнению в начальный момент прессования не равно нулю и на основании уравнения (2.2) составляет, кгс/см²:

$$p_0 = \left(\frac{\delta_0 - 1}{C} \right)^4.$$

В этом случае в момент начала прессования произойдет скачок давления в цилиндре в соответствии с величиной p_0 (между точками 2 и 2а на индикаторной диаграмме).

При построении индикаторной диаграммы промежуточные точки на участке прессования легко могут быть найдены аналитически.

Пусть требуется найти промежуточную точку n , лежащую на расстоянии Δh_n , см, по оси хода, считая от начала прессования. Тогда избыточное давление в цилиндре p_n , ат, соответствующее этой точке, определим следующим образом.

На основании формулы (2.5) для расчета высоты наполнительной рамки можно написать

$$\Delta h_n = \left(H + h - \Delta h_n - \frac{V_m}{F_0} \right) \left(\frac{\delta_n}{\delta_0} - 1 \right),$$

где H – высота смеси в опоке (после прессования), см;

h – высота наполнительной рамки, см;

V_m – объем модели, см^3 ;

F_0 – площадь опоки, см^2 ;

δ_n – средняя степень уплотнения формы, соответствующая точке n индикаторной диаграммы, г/см^3 .

Отсюда имеем

$$\delta_n = \delta_0 \left(\frac{\Delta h_n}{H + H - \Delta h_n - \frac{V_m}{F_0}} + 1 \right).$$

Определив δ_n , находим на основании уравнения (2.2) величину необходимого давления прессования в точке n :

$$p_n = \left(\frac{\delta_n - 1}{C} \right)^4.$$

Наконец, зная p_n на прессовой колодке, находим избыточное давление в прессовом цилиндре:

$$p_{\text{ц}} = p_n \frac{F_0}{F} + \frac{Q + R}{F},$$

где F – площадь прессового поршня, см^2 .

Давление в точке 3 диаграммы (в конце хода прессования) соответствует окончательной степени уплотнения δ или деформации смеси в опоке на всю высоту h наполнительной рамки.

В точке 3 прессовый цилиндр переключается на выхлоп, и избыточное давление в нем падает до величины $\frac{Q + R}{F}$ (точка 4). Это давление сохраняется до конца хода поршня вниз (до точки 5).

Вся площадь индикаторной диаграммы f_1 , соответствующая площади фигуры 1–2–2а–3–4–5, равна работе сжатого воздуха, отнесенной к 1 см^2 площади поршня. Эта работа расходуется на прессование и преодоление трения при ходе поршня вверх и вниз. Работа прессования выражается площадью фигуры 2–2а–3–1а, работа трения – площадью прямоугольника 1–1а–4–5 и равна $2Rs$ на 1 см^2 площади поршня, где $s = h + z$ – ход поршня, см.

Индикаторный расход свободного воздуха на одно прессование найдем, если из количества воздуха в объеме цилиндра в точке 3 диаграммы, пересчитанного на атмосферное давление, вычтем количество воздуха, оставшееся во вредном пространстве после выхлопа (в точке 5). Пренебрегая

разностью температур воздуха в цилиндре в точке 3 и атмосферного воздуха, а также остатком воздуха во вредном пространстве и принимая, кроме того, что давление воздуха в цилиндре в точке 3 диаграммы равно давлению воздуха в сети, получаем расход свободного воздуха на одно прессование:

$$V_{\text{инд}} = Fs(1 + \varepsilon)(p_0 + 1) \cdot 10^{-6},$$

где ε – величина вредного пространства цилиндра в частях объема, описываемого поршнем; $\varepsilon = \frac{V_0}{V_{\text{ц}}} = \frac{V_0}{Fs} = \frac{s_0}{s}$;

p_0 – избыточное давление воздуха в сети, ат.

5.4.2. Расчет прессового механизма формовочной машины

Расчет прессового механизма формовочной машины в основном сводится к расчету площади прессового поршня. Площадь прессового поршня определяется из уравнения

$$S = pF_0 + Q + R = p_0F,$$

где S – полная сила прессования, кгс;

p – давление прессования в конце хода прессования, кгс/см²;

Q – вес поднимаемых при прессовании частей машины, включая полезную нагрузку, кгс;

R – сила трения, кгс;

p_0 – расчетное максимальное избыточное давление воздуха в прессовом цилиндре, равное (в конце хода прессования) давлению воздуха в сети, кгс/см²;

F – площадь прессового поршня, см².

Усилие $Q + R$ на преодоление веса поднимаемых частей и трения обычно составляет не более 0,1–0,15 от силы прессования pF_0 . Вес поднимаемых частей с нагрузкой в машинах с верхним прессованием и расположением прессового механизма внизу составляет обычно, согласно эмпирическим данным, $Q = (0,13 \div 0,22) F_0$. Отношение F_0/F для тех же машин чаще всего находится в пределах 1,8–2,2.

Избыточное давление воздуха в сети может колебаться в широких пределах – от 4,5 до 7 ат (~0,45–0,7 МПа). Поэтому при расчетах частей

машин на прочность надо принимать большее значение p_0 (7 ат), а при расчете площади поршня – меньшее значение p_0 (4,5 ат) или близкое к нему значение, но не более 5 ат.

Силу трения при расчетах принимают $R < 0,25Q$. В случае применения саморазжимающихся поршневых колец из специальной маслостойкой резины силу трения колец можно определить расчетным путем.

5.5. Новые методы прессования

Последовательное прессование. Этот метод основан на использовании принципа относительного перемещения элементов оснастки. Как видно из рис. 2.22, *а*, в состав модельного комплекта кроме моделей 4 входит протяжная плита 5. Если предположить, что полный ход моделей снизу вверх составляет h_m , то при последовательном прессовании $h_m = h_1 + h_2$, где h_1 – высота предварительного перемещения моделей относительно протяжной рамки; h_2 – высота окончательного перемещения моделей.

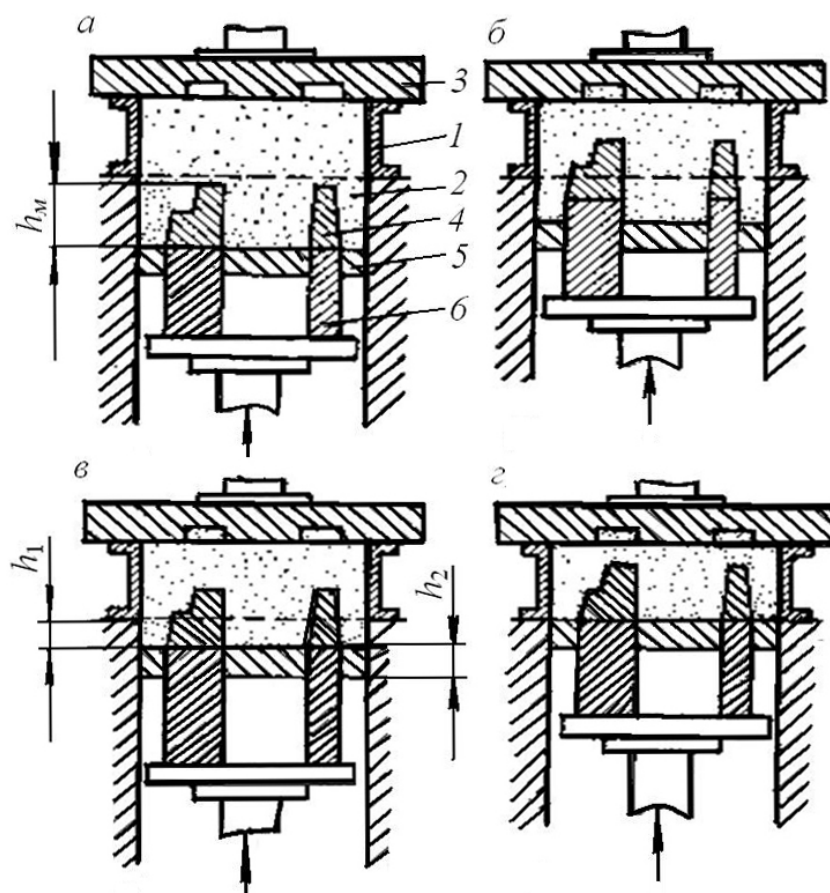


Рис. 2.22. Схема последовательного прессования:

1 – опока; 2 – смесь; 3 – основание; 4 – модель; 5 – протяжная плита; 6 – толкатель

Последовательность операций следующая: перемещение моделей над плоскостью протяжной плиты до совпадения ее плоскости с плоскостью разъема моделей на высоту h_1 (рис. 2.22, б); подъем протяжной плиты до совпадения ее плоскости с плоскостью разъема моделей на высоту h_1 (рис. 2.22, в); совместное перемещение моделей и протяжной плиты на высоту h_2 до совпадения с ладом опоки (рис. 2.22, г).

Последовательное прессование позволяет не только получать равномерное уплотнение смеси, но и регулировать его по высоте опоки.

К недостаткам процесса относятся сложность конструкции модельной оснастки и механизмов, уменьшение числа моделей на модельной плите вследствие ослабления ее жесткости.

Лопастное (шнековое) прессование. В формовочных машинах, основанных на лопастном прессовании, между бункером 1 и модельным комплектом 4 (рис. 2.23) имеется плита 3 с цилиндрическими отверстиями, в которых установлены уплотняющие лопасти 2, закрепленные на валу. При вращении вала уплотняющие лопасти захватывают формовочную смесь из бункера, прижатого фланцем 5, и дозируют ее в опоку 6, установленную на плиту 7 формовочного стола. В последней смесь уплотняется до технологически необходимой плотности с достаточно высокой равномерностью.

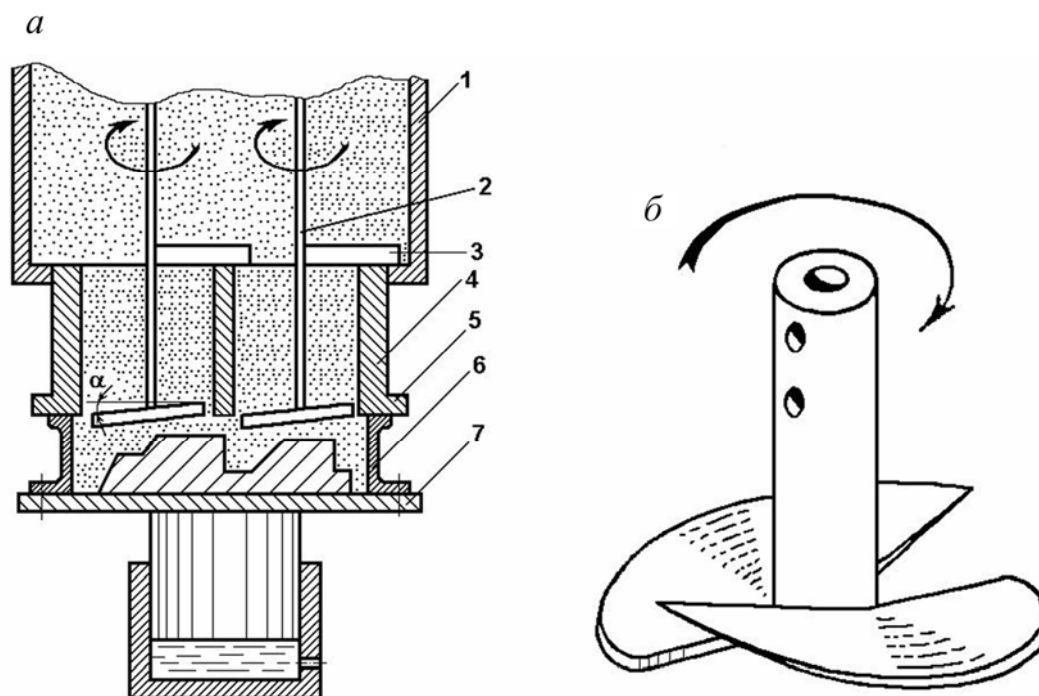


Рис. 2.23. Схема формовочной машины лопастного уплотнения:

а — лопастная головка; *б* — конструкция лопастей

Преимущества лопастного уплотнения следующие: совмещение операций засыпки и уплотнения формовочной смеси, благодаря чему отпадает необходимость в наполнительной рамке и дозаторе; бесшумность работы и легкость регулирования степени уплотнения смеси по силе тока в электродвигателе привода уплотняющих элементов.

Применяемые в настоящее время лопастные формовочные машины предназначены для формовки в опоках высотой не более 180 мм. Число уплотняющих элементов колеблется от 12 до 16 шт.; диаметр каждого – 200–260 мм. Время уплотнения одной полуформы составляет 6–10 с.

Трение скольжения лопастей по смеси в значительной степени увеличивает энергоемкость процесса и вызывает быстрое изнашивание лопастей.

Прессование решетчатым элементом. Прессование производится решетчатой прессовой плитой (рис. 2.24). Плита-решетка состоит из прочных стальных пластин, связанных в единую рамку.

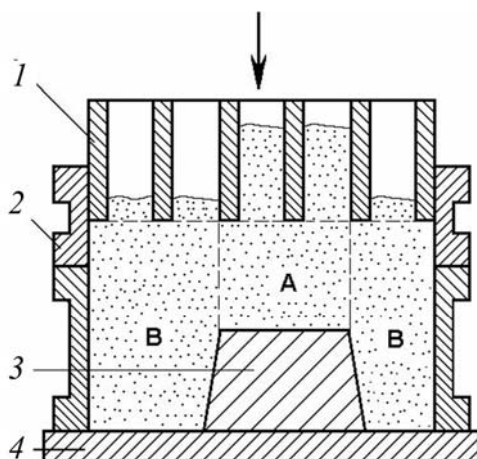


Рис. 2.24. Схема прессования решетчатой прессовой плитой:

1 – решетчатый элемент; 2 – наполнительная рамка; 3 – модель; 4 – модельная плита

При прессовании смесь из наиболее уплотненной области перетекает в зазоры между пластинами. Решетка вследствие этого более свободно перемещается в менее уплотненную область, и плотность смеси по всему объему формы выравнивается. Конечная величина плотности, равномерность ее распределения определяются толщиной ребер, зазорами между ребрами, давлением прессования и свойствами смеси. Конструкции решетки могут быть самыми различными (плоская плита с перфорированными отверстиями; плита с вертикальными стержнями, напоминающая многоплунжерную головку без башмаков, и т. д.).

Решетчатый прессовый элемент можно применять как при верхнем, так и при нижнем прессовании.

При прессовании решеткой смесь непосредственно под ней имеет наибольшую плотность. Снижение плотности и рассеивание напряжений происходит так же, как под плунжерами многоплунжерной головки в виде усеченных конусов, которые перекрываются конусами (пирамидами) от действия соседних ребер. Таким образом, на некоторой глубине от решетки напряжение и твердость в пределах одного слоя практически выравниваются.

Толщина ребра решетки существенно не влияет на ход процесса, однако с увеличением толщины ребра повышается неравномерность плотности в слое под ребрами и между ними. В конечном итоге толщина ребра определяется его прочностью и жесткостью. Шаг решетки выбирается в зависимости от требуемого лада и толщины ребер. С возрастанием толщины ребер шаг следует увеличивать.

Решетку во время работы периодически очищают вибрацией от оставшейся смеси. Метод уплотнения решеткой нашел применение только для мелких по размерам опок (до $0,7 \text{ м}^3$).

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите эмпирические уравнения прессования.
2. Укажите геометрические соотношения при прессовании плоской прессовой колодкой в опоке с моделью.
3. Приведите геометрические соотношения при прессовании профильной прессовой колодкой. Как проводится расчет колодки?
4. Приведите схему верхнего и нижнего прессования.
5. Представьте схему прессования гибкой диафрагмой.
6. Приведите схему прессования под высоким давлением жесткой прессовой колодкой.
7. Приведите схему прессования многоплунжерной головкой. Что такое активное и пассивное прессование?
8. Перечислите конструктивные типы прессовых формовочных машин.
9. Опишите новые методы прессования.
10. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры прессовой формовочной машины и расход воздуха для уплотнения одной полуформы. Используйте пример расчета 16 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 9 прил. 2.

Глава 6. ВСТРЯХИВАЮЩИЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

6.1. Схемы процесса уплотнения

При уплотнении формовочной смеси в опоке на встряхивающей машине стол машины вместе с опокой при каждом ударе поднимается на высоту $h = 25\text{--}100$ мм и, падая с этой высоты, ударяется о преграду. Уплотнение формовочной смеси в опоке происходит при ударе стола под действием сил инерции смеси. Главной особенностью такого импульсного нагружения смеси при каждом ударе встряхивания является кратковременность действия сжимающих напряжений, или сил инерции смеси, которые возникают в ней в течение весьма малого промежутка времени.

Встряхивание осуществляют впуском сжатого воздуха в нижнюю полость цилиндра 1 (рис. 2.25, а), благодаря чему встряхивающий поршень 2 поднимается вверх. При этом боковая поверхность поршня перекрывает впускное отверстие, а нижняя его кромка открывает выхлопное окно 7 (рис. 2.25, б) для выхода воздуха в атмосферу. Так как давление под поршнем снижается, стол под действием силы тяжести падает, ударяясь о торец 8 цилиндра (рис. 2.25, в). В этот момент канал 9 встряхивающего поршня оказывается против впускного канала 10 встряхивающего цилиндра, что обеспечивает повторный впуск сжатого воздуха в полость встряхивающего цилиндра, а это влечет за собой подъем встряхивающего стола, удар его о торец цилиндра и т. д. Встряхивающий стол совершает 120–220 ударов в минуту (30–50 ударов на форму).

Плотность набивки смеси в опоке при встряхивании зависит от числа ударов. Однако слишком большое число ударов на одну форму может привести к образованию в ней трещин. Изменение высоты подъема стола в пределах 25–80 мм практически не оказывает влияния на степень уплотнения смеси, однако ее увеличение уменьшает число ударов, требуемых для уплотнения формы. Высота подъема стола более 80 мм повышает производительность машины, так как в этом случае за счет большей энергии удара необходимая для уплотнения смеси работа может быть выполнена при меньшем числе ударов.

При уплотнении смеси на встряхивающих машинах наибольшая плотность набивки всегда получается около модели и на плоскости разъема формы, в то время как верхние слои уплотняются недостаточно и поэто-

му требуют дополнительного уплотнения. Оно осуществляется допрессовкой на машинах моделей 226, 266М, 253М и др. или набивкой верхних слоев смеси пневматическими трамбовками при работе на машинах моделей 234М, 244 и др.

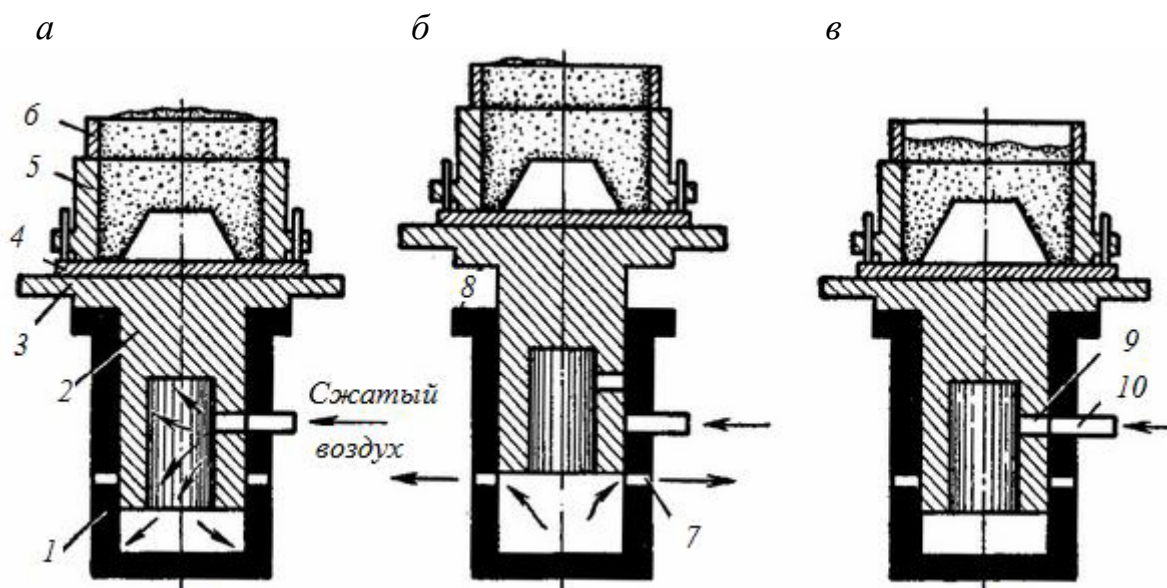


Рис. 2.25. Процесс уплотнения смеси
на встряхивающей формовочной машине:

а – насыпка смеси в опоку; *б* – верхнее положение стола при встряхивании; *в* – нижнее положение стола при встряхивании; 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – стол; 4 – модельная плита; 5 – опока; 6 – наполнительная рамка; 7 – выхлопные окна; 8 – торец цилиндра; 9 – канал впуска сжатого воздуха в стенке поршня; 10 – канал впуска сжатого воздуха в стенке цилиндра

Уплотнение смеси встряхиванием менее производительно по сравнению с прессованием и сопровождается шумом. Однако встряхивание дает возможность осуществлять формовку в больших по площади и высоте опоках. Кроме того, этим способом можно изготовить формы для очень сложных деталей с высокими ребрами и глубокими впадинами. Поэтому на большинстве формовочных машин смесь уплотняется встряхиванием.

Встряхивание с допрессовкой осуществляют на встряхивающей машине, имеющей два цилиндра: прессовый 1 и встряхивающий 2, причем встряхивающий цилиндр служит поршнем для прессового цилиндра (рис. 2.26, *а*). Внутри цилиндра 2 помещен встряхивающий поршень 3, соединенный со столом машины 4. В верхней части машина имеет траверсу 9 с закрепленной на ней прессовой колодкой 8.

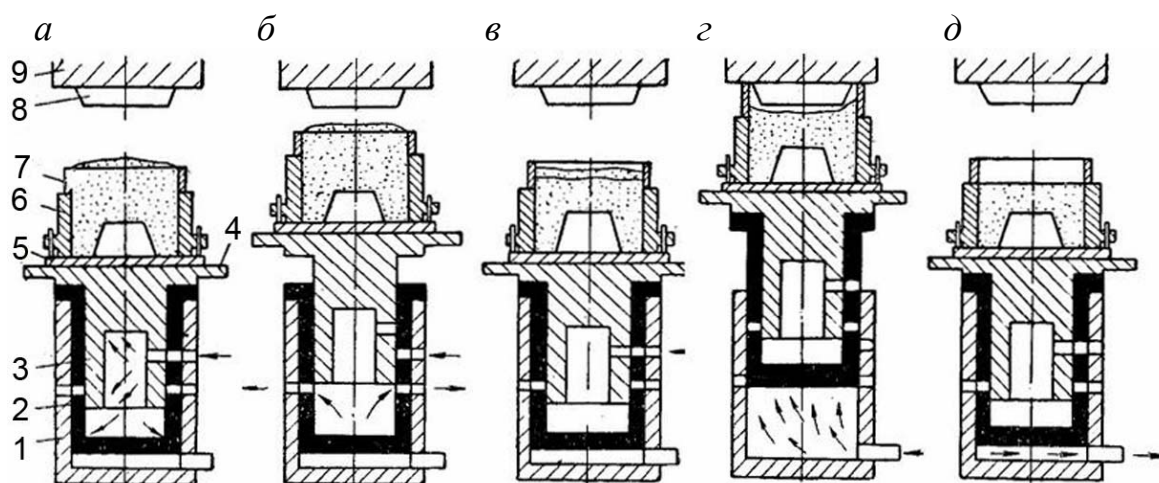


Рис. 2.26. Процесс уплотнения смеси на встряхивающей машине с допрессовкой:

а, б, в – встряхивание; *г* – допрессовка; *д* – возврат стола в исходное положение;
 1 – прессовый цилиндр; 2 – встряхивающий цилиндр; 3 – встряхивающий поршень;
 4 – стол; 5 – модельная плита; 6 – опока; 7 – наполнительная рамка; 8 – прессовая колодка; 9 – траверса

После наполнения опоки и рамки смесью сжатый воздух подают в полость встряхивающего цилиндра, в результате чего начинается процесс встряхивания (рис. 2.26, *б, в*). После окончания встряхивания сжатый воздух впускают в полость прессового цилиндра (рис. 2.26, *г*), вследствие чего прессовая колодка входит внутрь наполнительной рамки и уплотняет верхний слой смеси в опоке. Процесс уплотнения смеси в опоке заканчивается выпуском воздуха из прессового цилиндра и опусканием стола машины (рис. 2.26, *д*), после чего производят извлечение модели из полуформы.

6.2. Уплотнение формовочной смеси при встряхивании

Представим импульс сил инерции (сжимающих напряжений) σ в течение времени реализации удара упрощенно в виде пика *abc* (рис. 2.27), а характеристику нарастания во времени внутреннего сопротивления смеси дальнейшему уплотнению – в виде прямой *de*. При нагружении первым ударом в смеси с начальным сопротивлением уплотнению, соответствующим точке *d*, начнется деформация уплотнения по закономерности *de*, так как смесь в силу своей вязкости не может уплотняться быстрее, несмотря на более высокие действующие нагрузки по пику *abc*. В результате смесь при первом ударе уплотнится до точки *l* в соответствии с отрезком *d-l*.

При втором ударе ($a'b'c'$) уплотнение начинается уже с точки $1'$ соответственно возросшему внутреннему сопротивлению смеси σ_i , и смесь уплотнится в меру отрезка $1'-2$, при третьем ударе она уплотнится в меру отрезка $2'-3$ и т. д. Чем больше повышается уплотняемость смеси во времени, т. е. чем меньше ее вязкость, тем меньшее число ударов встряхивания требуется для определенного ее уплотнения. При каждом последующем ударе встряхивания деформация уплотнения смеси станет прогрессивно уменьшаться; будет достигнут предел уплотнения, после чего дальнейшее встряхивание с тем же импульсом сил нагружения уже не даст приращения степени уплотнения.

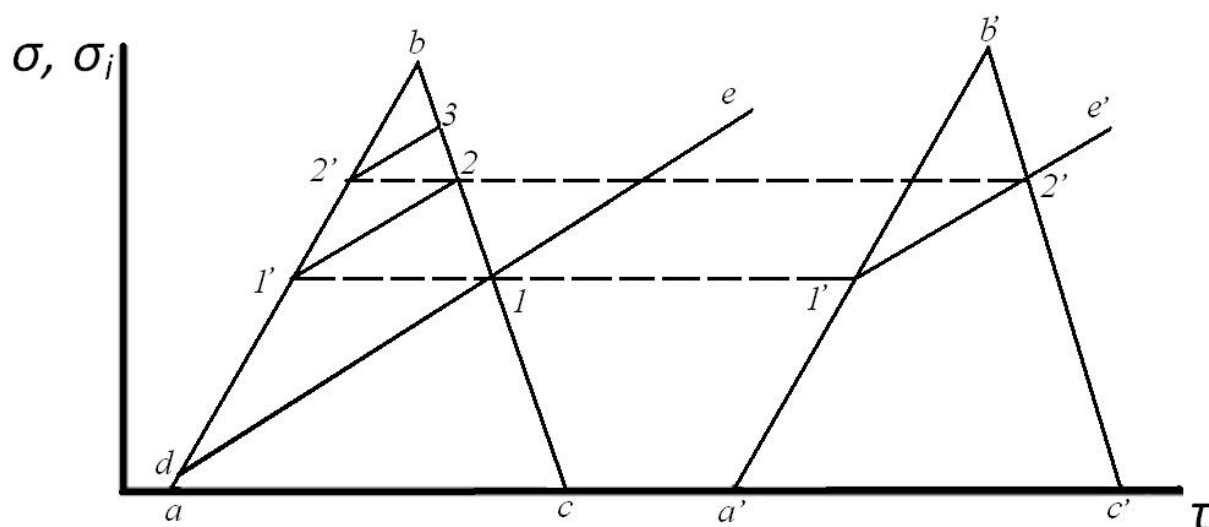


Рис. 2.27. Схема роста деформации уплотнения формовочной смеси при повторяющихся ударах встряхивания

Обычно на практике число ударов встряхивания на одну форму составляет от 10 до 30–50. Оно значительно меньше предела, при котором степень уплотнения смеси стабилизируется.

6.3. Эмпирическое уравнение встряхивания

Число ударов на одну форму не может являться критерием уплотняющего воздействия при встряхивании, так как сами удары встряхивающего стола могут быть различными, более мощными или же более слабыми. В первом приближении за меру уплотняющего воздействия на формовочную смесь при встряхивании принимают удельную работу встряхива-

ния a , сообщенную смеси за n ударов стола и отнесенную либо к единице площади опоки:

$$a_0 = 0,1 \frac{Q}{F} h n \eta,$$

либо к 1 кг смеси:

$$a_0 = 0,01 h n \eta,$$

где Q – вес формовочной смеси в опоке, Н;

F – площадь опоки, м²;

h – высота подъема встряхивающего стола, м;

η – коэффициент использования потенциальной энергии встряхивающего стола при его падении; $\eta = 0,3–0,7$.

Зависимость средней степени уплотнения δ формовочной смеси от удельной работы встряхивания выражается следующим эмпирическим уравнением П. Н. Аксенова [1]:

$$\delta = 1 + k a^{0,3}, \quad (2.8)$$

где k – коэффициент уплотняемости формы встряхиванием; $k = 0,35–0,55$;

a – удельная работа встряхивания, Дж/м².

Согласно практическим данным, коэффициент уплотняемости k зависит от высоты смеси в опоке следующим образом:

H_0 , см	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
k	0,55	0,48	0,43	0,41	0,40	0,39	0,38

Уравнение (2.8) дает удовлетворительное совпадение с данными опыта при значениях a , встречающихся на практике.

6.4. Качество уплотнения литейной формы при встряхивании

Распределение степени уплотнения по высоте опоки, набитой на встряхивающей формовочной машине, соответствует закономерности увеличения вертикальных сжимающих напряжений в момент удара с увеличением глубины. Эпюра степени уплотнения имеет вид, показанный на рис. 2.28. При достаточно большом числе ударов около разъема формы внизу опоки наблюдается некоторое переуплотнение.

Верхние слои смеси в опоке при встряхивании уплотняются недостаточно и требуют дополнительного уплотнения. Его осуществляют либо подпрессовкой формы после встряхивания, для чего машину снабжают специальным механизмом, либо подтрамбовкой опоки ручными или пневматическими трамбовками.

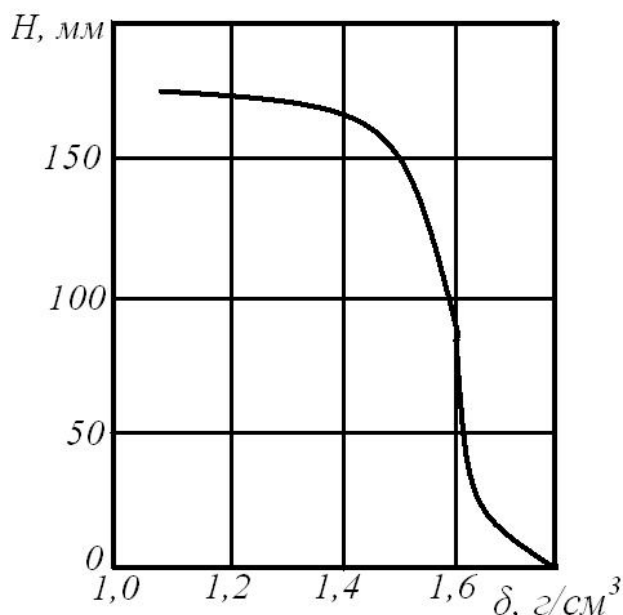


Рис. 2.28. Распределение степени уплотнения смеси по высоте в центре опоки при встряхивании (опока диаметром 142 мм; $H_0 = 300$ мм; высота подъема стола при встряхивании $h = 50$ мм; $\eta = 1,0$; число ударов $n = 100$; влажность смеси 4,1 %)

Подпрессовку производят при давлении на прессовой колодке не менее $1,5\text{--}2,0$ кгс/см² (0,15–0,20 МПа) и применяют обычно для опок размером до 1000×800 мм, так как для более крупных опок подпрессовочный механизм получается громоздким.

Вследствие того что операция встряхивания занимает значительное время, рационально для повышения производительности машины вести уплотнение главным образом за счет подпрессовки, уменьшая при этом число ударов встряхивания. Для этого формовочная встряхивающая машина должна иметь достаточно мощный подпрессовочный механизм.

Дополнительное уплотнение, получающееся в результате подпрессовки уплотненной встряхиванием опоки, распространяется от подпрессовочной колодки в глубь формы, постепенно уменьшаясь с глубиной.

Подтрамбовку верхних слоев смеси в опоке после встряхивания ручными или пневматическими трамбовками применяют для более круп-

ных форм. Это метод дополнительного уплотнения отнимает много времени и снижает производительность формовочной машины.

Более производительным методом по сравнению с подтрамбовкой является *динамическая подпрессовка* верхних слоев формы с помощью чугунного груза-плиты, который накладывают на поверхность смеси в опоке перед встряхиванием. Размеры груза должны быть несколько меньше размеров опоки в свету, чтобы он свободно следовал за осадкой смеси и создавал при каждом ударе встряхивания уплотняющее воздействие на смесь. Толщина чугунного груза достаточна в пределах 50–100 мм. Распределение уплотнения по высоте опоки при встряхивании с грузом показано на полученной экспериментально эюре (рис. 2.29).

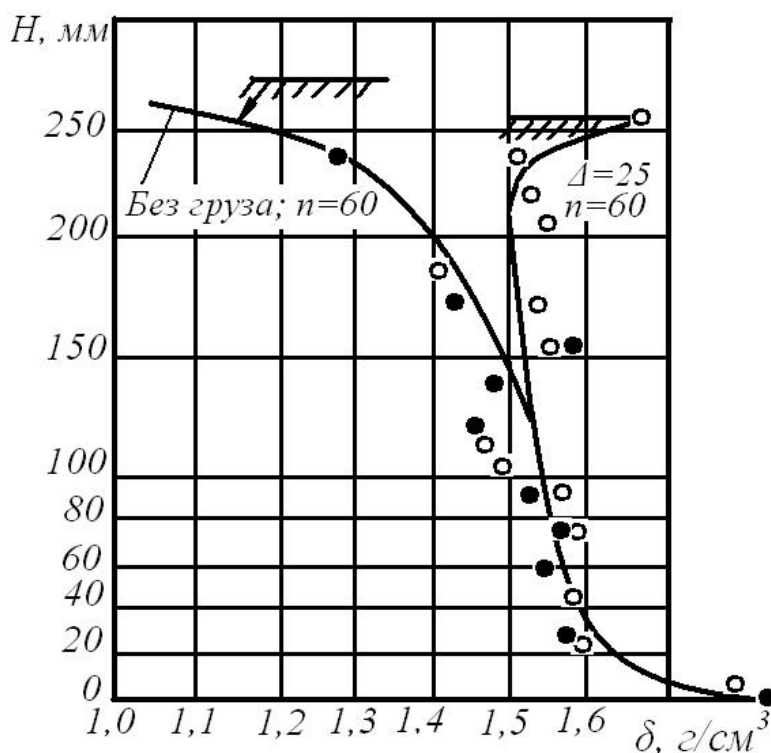


Рис. 2.29. Распределение степени уплотнения по высоте опоки при встряхивании с динамической подпрессовкой (опока диаметром 142 мм; $H_0 = 500$ мм; высота подъема стола при встряхивании $h = 50$ мм; $\eta = 1,0$; число ударов $n = 60$; толщина чугунного груза 25 мм)

Промышленное применение имеет также способ уплотнения литейных форм *встряхиванием при одновременном действии прессования под высоким давлением*. Конструкция формовочной машины при этом несколько усложняется, так как в прессовый поршень здесь встраивается уже не простой встряхивающий механизм, а встряхивающий механизм с пол-

ной амортизацией ударов. Метод уплотнения форм встряхиванием с одновременным прессованием является весьма эффективным как в отношении качества уплотнения, так и в отношении производительности.

При уплотнении форм встряхивание наблюдается возникновение местной рыхлоты около нескругленных углов высоких моделей на рабочей поверхности формы. Возникает этот дефект уплотнения вследствие отклонения потока формовочной смеси в опоке от вертикального направления движения при осадке (уплотнении) подобно тому, как отклоняется от осевого направления в трубе струя вязкой каплевой жидкости при огибании острой кромки отверстия в диафрагме или при внезапном сужении трубы.

Для борьбы с местной рыхлотой набивки при встряхивании рекомендуется последующая подпрессовка профильной прессовой колодкой (рис. 2.30). Рыхлое место при этом ликвидируется уже при давлении подпрессовки $p > 0,1 \text{ МПа}$, в то время как при подпрессовке плоской колодкой для этого недостаточно даже давления $0,2 \text{ МПа}$.

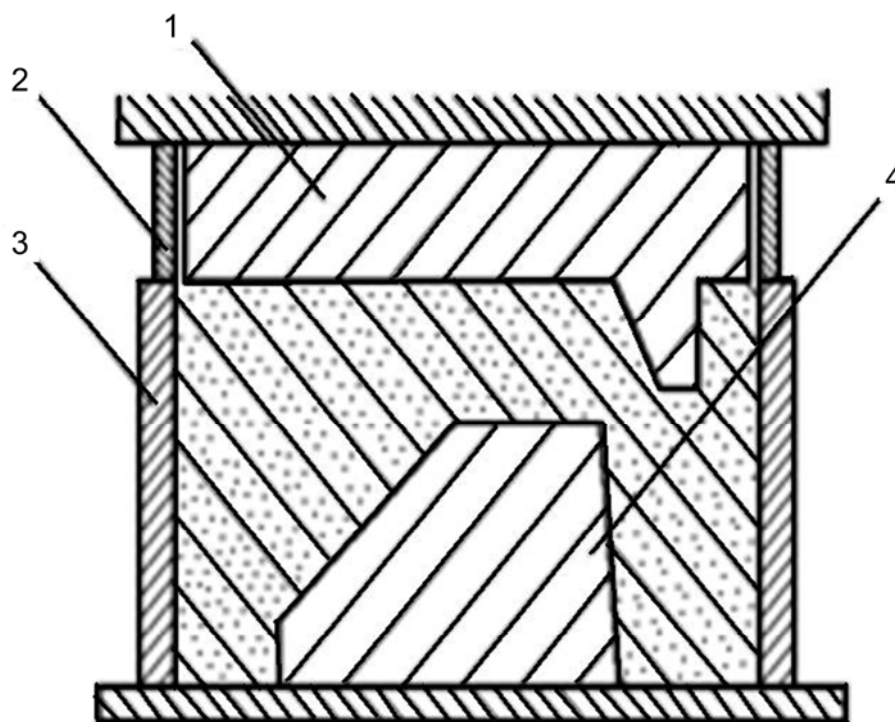


Рис. 2.30. Метод исправления дефекта рыхлоты около углов модели с помощью подпрессовки профильной колодкой:

1 – колодка; 2 – наполнительная рамка; 3 – опока; 4 – модель

Из сказанного выше следует, что чистое встряхивание как метод уплотнения литейных форм наравне с положительными свойствами (хорошее

уплотнение формы у модели и вокруг нее) имеет ряд существенных недостатков, таких как сравнительно высокие затраты времени на выполнение большого числа рабочих ходов (ударов) на одну форму, большая затрата работы на уплотнение, утомляющий стук встряхивающих машин. Это заставляет комбинировать встряхивание со статическим нагружением уплотняемых литейных форм прессованием и, в частности, рассматривать как перспективный метод находящее в настоящее время все более широкое промышленное применение встряхивание с одновременным прессованием под высоким давлением.

Тем не менее обычные пневматические встряхивающие машины являются в настоящее время все еще наиболее распространенными в промышленности.

6.5. Классификация встряхивающих механизмов

Встряхивающие механизмы формовочных и стержневых машин могут быть классифицированы по следующим признакам:

- 1) роду привода;
- 2) степени амортизации ударов;
- 3) характеру рабочего процесса;
- 4) типу воздухораспределения.

Основным типом встряхивающего механизма в современных формовочных машинах является пневматический встряхивающий механизм, работающий от сети сжатого воздуха давлением 0,5–0,7 МПа. Поэтому вся классификация относится к пневматическим встряхивающим механизмам.

По *степени полноты амортизации ударов* встряхивающие механизмы делятся на следующие типы:

- без амортизации ударов;
- с полной амортизацией ударов;
- со смягчением ударов.

Пневматический встряхивающий механизм без амортизации ударов приведен на рис. 2.31. При впуске воздуха во встряхивающий цилиндр (см. рис. 2.31, *а*) происходит наполнение цилиндра и подъем поршня со столом. После того как поршень пройдет путь s_e , он открывает выхлопное отверстие. Несмотря на продолжающееся поступление свежего воздуха в цилиндр, давление в нем резко падает, так как воздух из него уходит в атмос-

феру через выхлопное отверстие (одно или несколько), которое делается большего сечения по отношению к впускному. Пройдя еще некоторый путь по инерции, поршень останавливается в верхнем положении (см. рис. 2.31, б) и затем падает. Происходит удар встряхивающего стола о фланец цилиндра. Удар целиком передается на фундамент машины. При больших размерах машины эти удары вызывают заметное сотрясение грунта. Поэтому встряхивающие механизмы без амортизации и смягчения ударов применяют только в небольших и средних машинах.

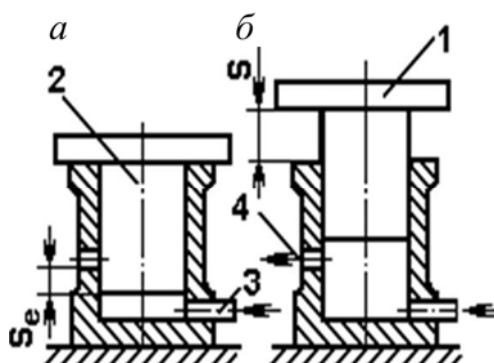


Рис. 2.31. Схема встряхивающего механизма без амортизации ударов:

a – нижнее положение; *б* – верхнее положение; 1 – встряхивающий стол;

2 – встряхивающий поршень; 3 – впуск воздуха; 4 – выхлоп

На рис. 2.32 приведена схема пневматического встряхивающего механизма с полной амортизацией ударов. Здесь встряхивающий поршень движется в массивном цилиндре-амортизаторе, опирающемся внизу на пружины и могущем, в свою очередь, передвигаться в неподвижном направляющем цилиндре. После впуска воздуха в пространство под встряхивающим поршнем последний поднимается на величину хода s_e , сжимая находящиеся под ним пружины. Высота встряхивания составляет $s = s_c + s_a$. При обратном ходе встряхивающий поршень падает, а амортизатор под действием сжатых пружин поднимается. Происходит удар на весу встряхивающего стола о фланец амортизатора с взаимным поглощением их живых сил. При этом на фундамент машины удар не передается.

Встряхивающие формовочные машины с полной амортизацией ударов могут иметь облегченный фундамент либо даже не иметь его совсем, а также могут быть сделаны передвижными, на колесах. Однако ввиду большой сложности машины с полной амортизацией ударов строят реже. Значительно чаще в крупных формовочных машинах ограничиваются смягчением или частичным поглощением ударов.

На рис. 2.33 приведена схема пневматического встряхивающего механизма с подъемным поршнем. При впуске воздуха (см. рис. 2.33, *a*) подъемный поршень поднимается до упора в крышку цилиндра, за ним следует прилитый к нему встряхивающий цилиндр. Воздух по каналам поступает во встряхивающий цилиндр, и начинается встряхивание, во время которого подъемный поршень продолжает оставаться в верхнем положении.

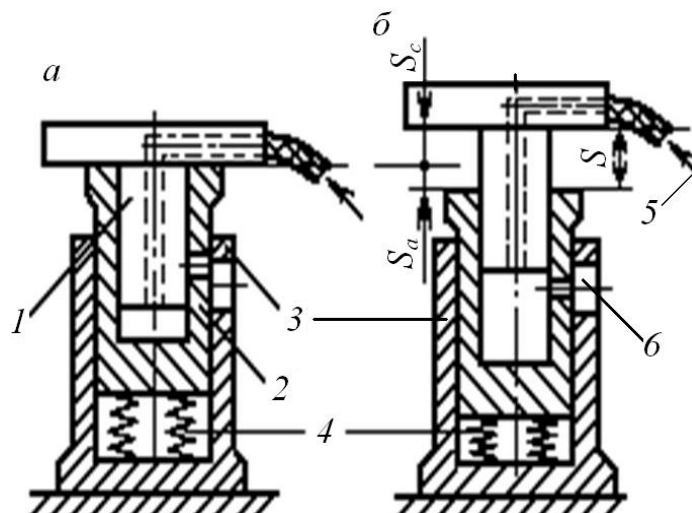


Рис. 2.32. Схема встряхивающего механизма с полной амортизацией ударов:

a – нижнее положение; *б* – верхнее положение; 1 – встряхивающий поршень; 2 – амортизатор ударов; 3 – цилиндр; 4 – пружины; 5 – впуск воздуха; 6 – выпуск

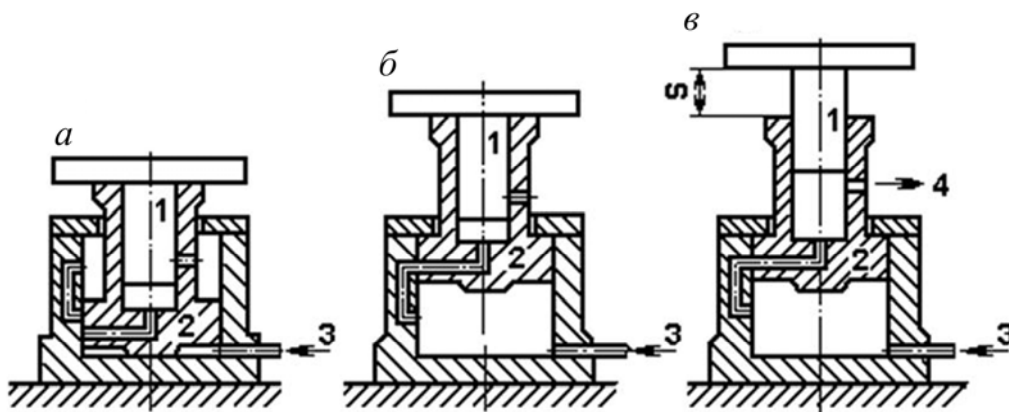


Рис. 2.33. Схема встряхивающего механизма с подъемным поршнем:

a – исходное положение; *б* – подъем механизма; *в* – встряхивание; 1 – встряхивающий поршень; 2 – подъемный поршень; 3 – впуск воздуха; 4 – выпуск

Удары встряхивающего стола передаются на фундамент машины через воздушную подушку, находящуюся в цилиндре под подъемным поршнем. Часть энергии удара при этом поглощается упругой деформацией подушки. Таким образом удары, передающиеся на фундамент, смягчаются.

По характеру рабочего процесса в цилиндре пневматические встряхивающие механизмы можно разделить на следующие типы:

- 1) без отсечки (и расширения) воздуха;
- 2) с отсечкой, но без расширения воздуха;
- 3) с отсечкой и расширением воздуха.

На рис. 2.34 приведена схема встряхивающего механизма с отсечкой и расширением воздуха в цилиндре. Когда поршень пройдет из положения *a* путь наполнения s_e , прекращается впуск сжатого воздуха в цилиндр, т. е. происходит отсечка воздуха. Но в этот момент выхлопное отверстие еще не начнет открываться. На протяжении участка пути s_r полость цилиндра изолирована, и в ней происходит лишь расширение сжатого воздуха. Если же в момент закрытия впускного отверстия (в момент отсечки) начнет открываться выхлопное окно (т. е. если $s_r = 0$), то мы будем иметь механизм с отсечкой, но без расширения воздуха.

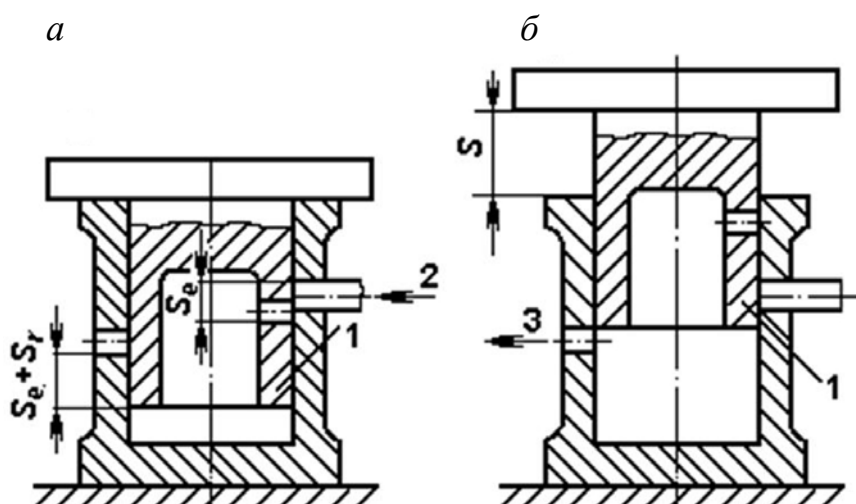


Рис. 2.34. Схема встряхивающего механизма с отсечкой и расширением воздуха:

a – нижнее положение; *б* – верхнее положение; 1 – встряхивающий поршень;
2 – впуск воздуха; 3 – выхлоп

Пневматические встряхивающие машины с отсечкой и расширением воздуха являются более экономичными по сравнению с механизмами без отсечки.

По типу воздухораспределения пневматические встряхивающие механизмы бывают:

- 1) с поршневым распределением;
- 2) с распределением с помощью простого односедельного клапана;
- 3) с распределением с помощью перекидного двухседельного клапана;
- 4) с золотниковым распределением.

В механизмах первого типа воздухораспределительным органом является встряхивающий поршень, который при движении открывает и закрывает впускное и выхлопное отверстия. Такой механизм приведен на рис. 2.31–2.34. Поршневое воздухораспределение отличается простотой, но не имеет регулировки.

На рис. 2.35 показана схема пневматического встряхивающего механизма с воздухораспределением простым односедельным клапаном. При перемещении встряхивающего поршня на величину хода наполнения s_e вверх тарелка клапана садится на седло и производит отсечку воздуха, прекращая его доступ в полость цилиндра. Выхлопное окно открывается поршнем при дальнейшем его подъеме. Такой клапан сравнительно несложен конструктивно, но труднодоступен для регулировки, так как находится внутри встряхивающего поршня.

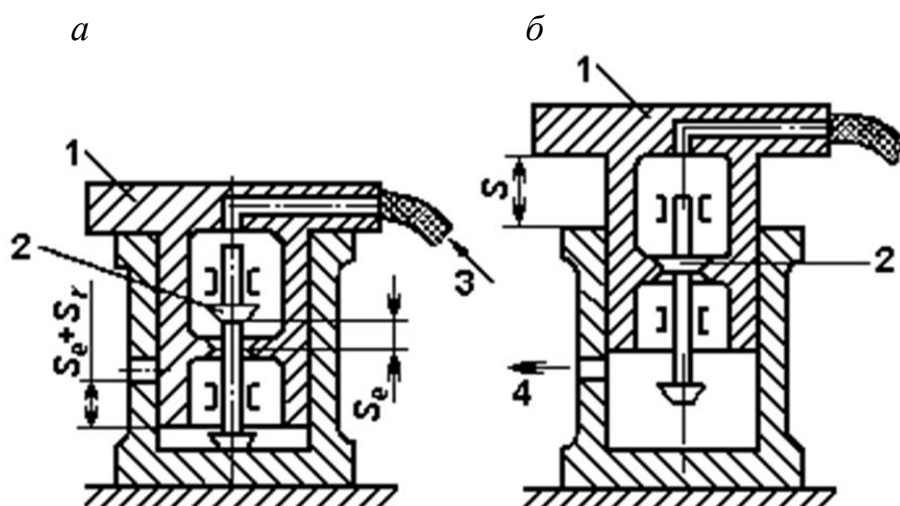


Рис. 2.35. Схема встряхивающего механизма с распределением воздуха простым односедельным клапаном:

a – нижнее положение; $б$ – верхнее положение; 1 – встряхивающий поршень;
2 – клапан; 3 – впуск воздуха; 4 – выхлоп

На рис. 2.36 приведен пневматический встряхивающий механизм с воздухораспределением, осуществляемым перекидным двухседельным клапаном. Нижняя тарелка клапана открывает отверстие, по которому сжатый воздух входит во встряхивающий цилиндр. Верхняя тарелка клапана открывает выхлопное отверстие, сообщаящее встряхивающий цилиндр с атмосферой. В нижнем положении встряхивающего поршня (см. рис. 2.36, a) клапан давлением сжатого воздуха прижат кверху. Выхлопное отверстие закрыто, а отверстие для впуска воздуха открыто. Встряхивающий поршень со

столом поднимается. По мере подъема встряхивающего стола за ним следует плунжер 3, находящийся в клапане. Плунжер перемещается вверх под действием сжатого воздуха на его нижний торец, все время упираясь верхним торцом в регулирующий винт, ввернутый во встряхивающий стол.

Когда встряхивающий поршень пройдет путь наполнения s_e , сжатый воздух по нижнему каналу в плунжере попадет в пространство 2 над поршнем клапана, и клапан перекинется в нижнее положение, закрыв впускное отверстие и открыв отверстие для выхлопа. При ходе встряхивающего стола вниз (см. рис. 2.36, б) клапан будет держать выхлопное отверстие открытым до тех пор, пока пространство 2 над поршнем канала не сообщится с атмосферой через верхний канал в плунжере. Это произойдет, когда до конца хода останется некоторое расстояние s_z (предварение впуска). В этот момент воздух из пространства 2 уйдет в атмосферу, и клапан снова перекинется в верхнее положение, закрыв выхлопное и открыв впускное отверстие. Данное воздухораспределительное устройство легко регулируется винтом 4. При вывинчивании этого винта увеличивается высота подъема встряхивающего стола. Такие устройства широко применяются на крупных и средних встряхивающих формовочных машинах.

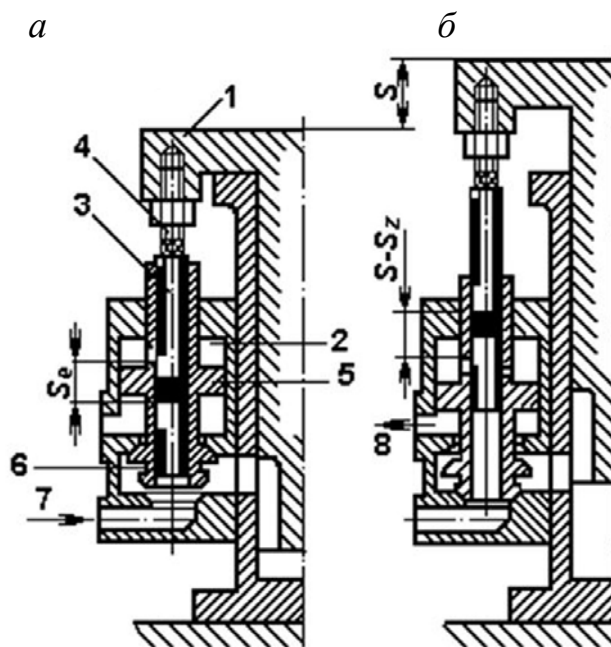


Рис. 2.36. Схема встряхивающего механизма с распределением воздуха перекидным двухседельным клапаном:

a – нижнее положение; $б$ – верхнее положение; 1 – встряхивающий поршень;
2 – полость над поршнем; 3 – плунжер; 4 – регулирующий винт; 5 – поршень клапана;
6 – перекидной клапан; 7 – впуск воздуха; 8 – выхлоп

Пневматический встряхивающий механизм с золотниковым воздухораспределением представлен на рис. 2.37. Золотник не имеет жесткого крепления к встряхивающему столу. Он может проскальзывать относительно стола на величину x , которая регулируется перестановкой двух гаек, верхней и нижней, на штоке золотника.

При ходе встряхивающего поршня вверх (см. рис. 2.37, *а*) стол сначала проходит путь x , равный величине зазора до верхней регулирующей гайки, и затем уже тянет за собой золотник. В начале падения встряхивающего поршня со столом из верхнего положения (см. рис. 2.37, *б*) золотник задерживается и отстает от стола, так как, будучи много меньше встряхивающего поршня по диаметру, он имеет относительно большое трение. Поэтому при ходе вниз стол также сначала пройдет зазор x , который появится между ним и регулирующей гайкой, а затем начнет толкать вниз золотник.

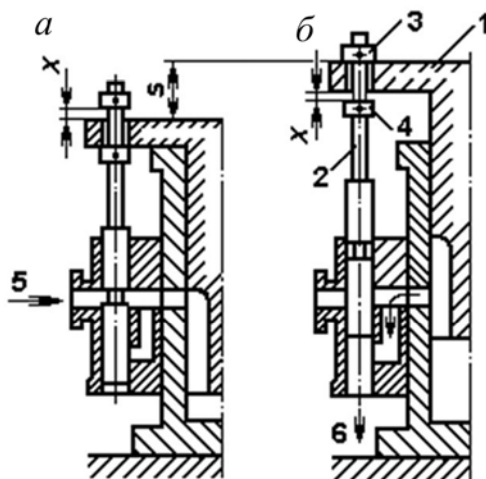


Рис. 2.37. Схема встряхивающего механизма с золотниковым воздухораспределением:

а – нижнее положение; *б* – верхнее положение; 1 – встряхивающий поршень;
2 – золотник; 3 – верхняя регулирующая гайка; 4 – нижняя регулирующая гайка;
5 – впуск воздуха; 6 – выхлоп

Золотниковое воздухораспределение описанного типа применяется в некоторых встряхивающих формовочных и стержневых машинах средних типоразмеров. Иногда шток золотника жестко крепится к встряхивающему столу. В таком случае регулировка заключается только в перестановке всего штока по высоте, исключая его скольжение относительно встряхивающего стола.

6.6. Рабочий процесс пневматического встряхивающего цилиндра

Построить индикаторную диаграмму встряхивающего цилиндра пневматической формовочной машины можно аналитическим путем. Для этого необходимо для каждой фазы рабочего цикла (наполнение цилиндра, расширение воздуха, выхлоп, сжатие) составить и решить систему уравнений движения поршня, в результате чего получится аналитическая зависимость давления в цилиндре от пути поршня. Однако такое аналитическое решение представляется сложным вследствие особенностей рабочего процесса встряхивающего цилиндра. Данный процесс характеризуется развитыми участками впуска и выпуска и очень небольшими по длине участками расширения и сжатия воздуха. Сложность аналитического исследования этого процесса состоит в том, что при свободном поршне, не имеющем принудительной кинематической связи, например шатунно-кривошипного механизма, решение уравнений движения поршня на основных участках впуска и выхлопа при переменном количестве воздуха в цилиндре представляет большие трудности, в особенности для подкритической области истечения. Поэтому рассмотрим метод приближенного построения индикаторных диаграмм встряхивающего цилиндра по практическим данным.

Этот метод основан на учете общего характера протекания процессов на том или ином участке цикла и тех практических пределов положения узловых точек диаграммы, которые получаются в действительности и могут быть установлены при снятии диаграммы нормально работающей машины. В обычных случаях проектирования машин метод построения по практическим данным приводит к достаточно надежным решениям.

Рассмотрим индикаторную диаграмму встряхивающего цилиндра с отсечкой и расширением воздуха, схема которого приведена на рис. 2.38.

На диаграмме ход поршня S откладывается по вертикали, а абсолютное давление воздуха P в цилиндре – по горизонтали. При пуске встряхивающего механизма, т. е. при первом ходе встряхивания в точке I начала движения поршня вверх, давление воздуха должно уравновесить сопротивление движению поршня. Если пренебречь силами инерции поднимаемых частей, условие равновесия будет выглядеть следующим образом:

$$(P_1 - 1 \cdot 10^5) \cdot F = Q + R,$$

где P_1 – абсолютное давление воздуха в цилиндре в точке I , Па;
 F – площадь поршня, м²;

Q – вес поднимаемых частей (поршня, стола, модельно-опочной оснастки и формовочной смеси), Н;

R – сила трения поршня о цилиндр, Н.

Отсюда можно найти минимально необходимое избыточное давление P_1 :

$$P_1 = (Q + R)/F + 1 \cdot 10^5.$$

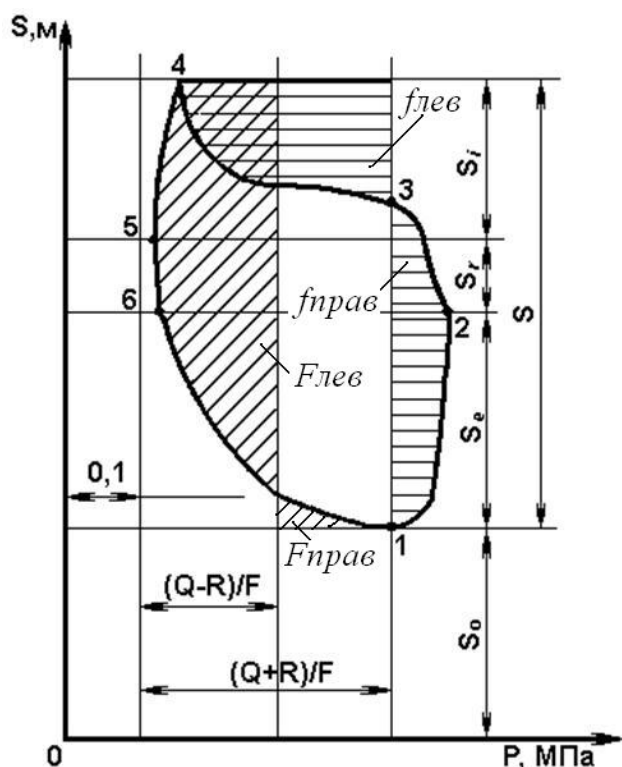


Рис. 2.38. Индикаторная диаграмма встряхивающего цилиндра для механизма с отсечкой и расширением воздуха

Вторая координата точки 1 равняется приведенной высоте вредного пространства: $S_0 = V_0/F$, где V_0 – объем вредного пространства встряхивающего цилиндра, м^3 .

На пути наполнения s_e от точки 1 до точки 2 давление в цилиндре повышается вследствие поступления сжатого воздуха из сети. При этом в самом начале движения при малых скоростях поршня давление увеличивается в большей мере, чем при дальнейшем подъеме, так как скорость поршня непрерывно возрастает. Таким образом, линия впуска 1–2 будет иметь вид параболы. В точке 2 начинается участок (до точки 3) расширения воздуха в замкнутом цилиндре, а на линии хода вниз – участок 5–6 сжатия воздуха. На этих участках как впускное, так и выхлопное отверстие

закрыто. Изменение состояния воздуха на данных участках в первом приближении может быть принято адиабатическим. Исходя из этого и зная длину хода расширения s_r , легко найти давления P_3 и P_6 по имеющимся на диаграмме давлениям P_2 и P_5 .

Степень расширения воздуха во встряхивающих формовочных машинах бывает обычно небольшая. Путь расширения s_r , как правило, составляет 0,2–0,4 пути наполнения s_e .

Начиная с точки 3, поршень движется вверх уже по инерции, расходуя свою силу на преодоление сопротивления движению. В точке 4 живая сила поршня (со столом и нагрузкой) израсходована. Поршень останавливается и начинает падать. При ходе поршня вниз движущей силой является сила $Q - R$, а силой сопротивления – давление воздуха под поршнем $(P_1 - 1 \cdot 10^5) \cdot F$. Поэтому для точки 4 можно написать

$$(P_4 - 1 \cdot 10^5) \cdot F \leq Q - R,$$

откуда избыточное давление в точке 4 равно

$$P_4 \leq (Q - R) / F + 1 \cdot 10^5.$$

Для встряхивающих машин $P_4 = 0,01\text{--}0,03$ МПа. Это первое практическое условие, которое должно быть учтено при проведении линии 3–4 индикаторной диаграммы. Второе практическое условие – величина участка s_i пути поршня, которая чаще всего составляет 0,6–0,7 пути наполнения s_e .

В точке 4 полностью открывается выхлопное отверстие, и поршень стремительно падает вниз (участок 4–5). Начиная с точки 5, выхлопное отверстие перекрывается, но поршень продолжает падать под действием сил тяжести, хотя давление незначительно возрастает вследствие уменьшения свободного объема под поршнем. В точке 6 открывается впускное отверстие, давление резко повышается, хотя все еще происходит опускание поршня до точки 1, и цикл повторяется.

6.7. Расчет пневматического встряхивающего механизма

Расчет пневматического встряхивающего механизма сводится к построению и анализу индикаторной диаграммы.

Полезная нагрузка Q_0 задается, собственный вес падающих частей машины Q_1 берется по справочнику. Сила трения в поршневой паре R при

расчете обычно принимается до $0,25(Q_0 + Q_1)$. Площадь поршня F составляет от 0,5 до 0,6 см² на 10 Н полезной нагрузки Q_0 , а площадь встряхивающего стола – от 5 до 10 см² на 10 Н полезной нагрузки Q_0 .

Элементы воздухораспределения для наиболее распространенных механизмов выбирают в следующих пределах: ход наполнения $s_e = (0,4-0,5)S$, где S – общая длина хода, равная высоте встряхивания; ход расширения $s_r = (0,3-0,4)s_e = (0,12-0,20)S$; приведенная высота вредного пространства $S_0 = (0,7-1,0)S$.

Площадь встряхивающего поршня находится по формуле

$$F = \alpha \cdot (Q + R) / (P_0 - 1 \cdot 10^5), \quad (2.9)$$

где α – коэффициент, учитывающий возможные утечки воздуха; $\alpha = 1,05 - 1,10$;

P_0 – давление воздуха в сети, Па; $P_0 = (4,5-5,5) \cdot 10^5$.

6.8. Методика построения индикаторной диаграммы встряхивающего механизма

Площадь поршня находят по формуле (2.9). Построение индикаторной диаграммы производят следующим образом (см. рис. 2.38).

Точка 1 соответствует началу движения поршня вверх при пуске встряхивающего механизма. $P_1 = (Q - R)/F$ (обычно находится в пределах $(3-4,5) \cdot 10^5$ Па); $S_1 = S_0 = V_0/F$.

Точка 2 соответствует моменту закрытия впускного отверстия, т. е. окончанию наполнения цилиндра воздухом и началу его расширения в цилиндре. $P_2 = P_1 + (0,5-1,0) \cdot 10^5$; $S_2 = S_0 + s_e$, $s_e = (0,4-0,5) \cdot S$. Изменение давления воздуха на участке 1–2 подчиняется закону параболы.

Точка 3 соответствует моменту открытия выпускного отверстия. Закон изменения давления на участке 2–3 (расширения) – адиабатический. $P_3 = P_2[(S_0 + s_e)/(S_0 + s_e + s_r)]^{1,4}$; $S_3 = S_0 + s_e + s_r$, $s_r = (0,3-0,4) \cdot s_e$, где 1,4 – показатель адиабаты.

Точка 4 соответствует моменту, когда поршень, использовав весь запас сообщенной ему энергии, останавливается и начинает двигаться вниз (падать). $P_4 = (1,1 - 1,3) \cdot 10^5$; $S_4 = S_3 + s_i$, $s_i = (0,6-0,7) \cdot s_e$.

Точка 5 соответствует моменту закрытия выпускного отверстия при движении поршня вниз. $P_5 = (1,1-1,15) \cdot 10^5$; $S_5 = S_3$.

Точка 6 соответствует моменту открытия впускного отверстия и началу наполнения цилиндра сжатым воздухом. Закон изменения давления на участке 5–6 – адиабатический. $P_6 = P_5[(S_0 + s_e + s_r)/(S_0 + s_e)]^{1,4}$; $S_6 = S_2$.

Изменение давления воздуха на участке 6–1 подчиняется закону параболы.

Анализ индикаторной диаграммы производится в следующем порядке:

1) на диаграмме проводятся линии, соответствующие значениям давлений $(Q + R)/F$ и $(Q - R)/F$;

2) определяется величина площадей $F_{\text{лев}}$ и $F_{\text{прав}}$. Разность этих площадей составляет величину энергии удара встряхивающего стола в Дж на 1 м^2 площади поршня: $\varepsilon = F_{\text{лев}} - F_{\text{прав}}$;

3) определяется величина площадей $f_{\text{лев}}$ и $f_{\text{прав}}$. Разность этих площадей составляет величину энергии отражения встряхивающего стола в Дж/м²: $\acute{\varepsilon} = f_{\text{лев}} - f_{\text{прав}}$, обычно $\acute{\varepsilon} = (0,1-0,15) \varepsilon$;

4) энергия удара ε и энергия отражения $\acute{\varepsilon}$ пересчитываются на 1 Н падающих частей: $\varepsilon_0 = \varepsilon \cdot F/Q$, $\acute{\varepsilon}_0 = \acute{\varepsilon} \cdot F/Q$;

5) после определения ε_0 находится коэффициент использования потенциальной энергии встряхивающего стола по формуле $\eta = \varepsilon_0/S$, $\eta = 0,3-0,7$.

6.9. Механизм для уплотнения литейных форм с помощью одновременного встряхивания и прессования

Уплотнение форм путем чистого прессования под высоким давлением постепенно уступает место технологически более гибкому и эффективному методу уплотнения с помощью одновременного встряхивания и прессования.

Схема механизма для уплотнения литейных форм с помощью одновременного встряхивания и прессования приведена на рис. 2.39. При включении одновременно встряхивающего и прессового цилиндров поршень поднимает стол машины и выбирает расстояние между верхней кромкой формы и прессовой колодкой. Это расстояние в таких механизмах делается большим, 150–200 мм и более, что позволяет производить на них также уплотнение и чистым встряхиванием. Поэтому во время подъема стола прессовым поршнем успевает произойти некоторое количество ударов предва-

рительного встряхивания. Встряхивающая часть механизма работает при этом как обычный встряхивающий механизм с амортизацией ударов. И лишь после того, как форма будет прижата к прессовой колодке, начинается собственно процесс встряхивания с одновременным прессованием.

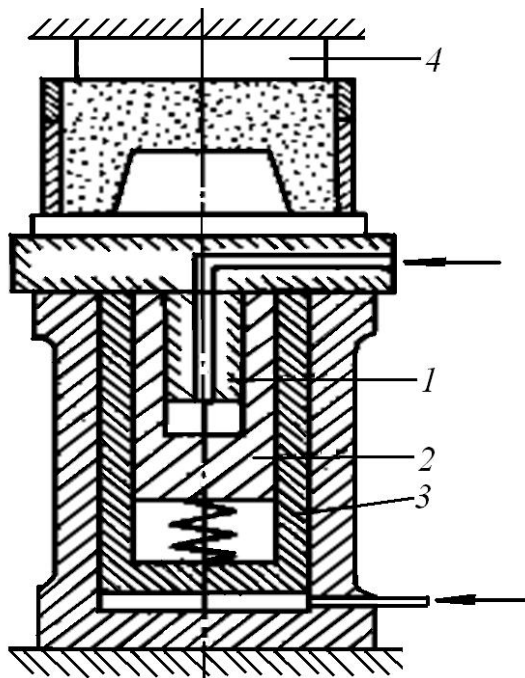


Рис. 2.39. Схема механизма для уплотнения литейных форм встряхиванием с одновременным прессованием:

1 – встряхивающий поршень; 2 – амортизатор; 3 – прессовый поршень;
4 – прессовая колодка

При встряхивании с одновременным прессованием уплотняемая форма на столе машины оказывается, таким образом, прижатой прессовым поршнем к прессовой колодке, в качестве которой обычно применяется пассивная многоплунжерная головка (на рис. 2.39 показана жесткая прессовая колодка). Встряхивающий поршень со столом остается неподвижным. Ударный же массивный подпружиненный поршень, или амортизатор, наносит частые удары снизу по столу машины. Эти удары передаются набивке формы и возбуждают в ней направленные вниз инерционные силы, или импульсные сжимающие напряжения, дополнительно к статической прессующей нагрузке.

Дополнительные напряжения от ударов амортизатора являются не большими по сравнению с напряжениями прессования (под высоким давлением). Однако такие удары, особенно в начале процесса уплотнения, оказывают весьма положительное воздействие на пробиваемость карманов формы и выравнивают плотность смеси в ней.

Встряхивание (т. е. удары амортизатора по столу) в таком комплексном механизме производится с большой частотой, 10–12 ударов в секунду (примерно втрое чаще, чем в обычных встряхивающих машинах). Поэтому при общей продолжительности цикла уплотнения 3–5 с число произведенных на одну форму ударов амортизатора в первые 1–2 с получается достаточно большим и действие их эффективно. Можно предположительно считать, что уплотнение карманов формы при комплексном нагружении определяется именно действием этих ударов, а интенсивное прессующее нагружение обеспечивает общую высокую твердость всей формы.

Кроме того, наличие подобного комплексного механизма на формовочной машине позволяет применять уплотнение форм как одновременным встряхиванием и прессованием, так и встряхиванием с последующим прессованием (либо с последующим одновременным встряхиванием и прессованием), а также уплотнение чистым прессованием. Эти возможности делают современные формовочные машины с механизмами данного типа технологически весьма гибкими.

Обычно механизмы для одновременного встряхивания и прессования выполняются с прессовым цилиндром, развивающим давление на прессовой колодке 1,2–1,5 МПа.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте классификацию встряхивающих механизмов формовочных машин.
2. Приведите схему уплотнения формовочной смеси при встряхивании. Каково качество уплотнения литейной формы при встряхивании?
3. Приведите схему встряхивания с допрессовкой.
4. Укажите принципы расчета рабочего процесса пневматического встряхивающего цилиндра.
5. Приведите схему уплотнения с помощью одновременного встряхивания и прессования.
6. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры пневматической встряхивающей формовочной машины и расход воздуха для уплотнения одной полуформы. Используйте примеры расчета 17–20 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 12 прил. 2.

Глава 7. ПЕСКОДУВНЫЕ МАШИНЫ

7.1. Факторы уплотняющего воздействия при пескодувном процессе

Принцип пескодувного процесса уплотнения литейных форм и стержней (рис. 2.40) заключается в том, что формовочная или стержневая смесь транспортируется с помощью сжатого воздуха через вдувные отверстия из пескодувного резервуара, или магазина, машины в технологическую емкость (полость стержневого ящика или опоку) и, заполняя ее, одновременно в ней уплотняется. Поступающий же вместе со смесью из пескодувного резервуара сжатый воздух эвакуируется из технологической емкости в атмосферу через специальные очень тонкие вентиляционные отверстия, или венты.

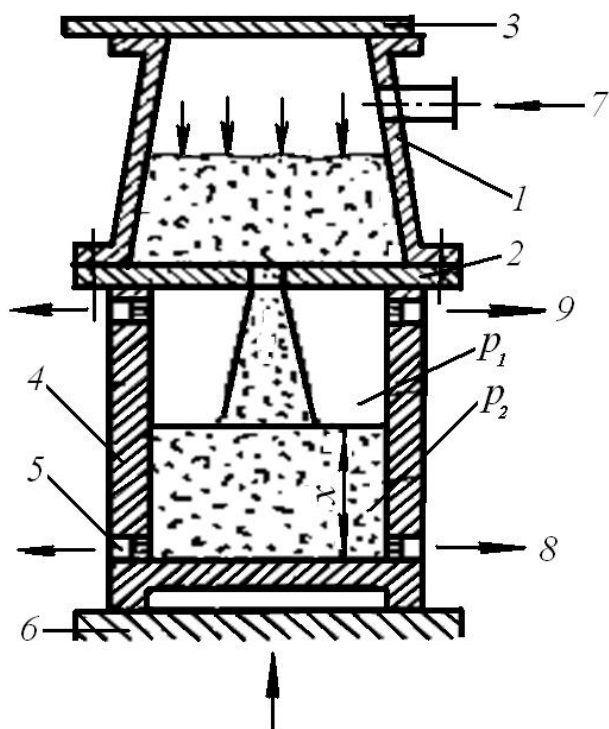


Рис. 2.40. Принцип пескодувного процесса уплотнения:

1 – пескодувный резервуар; 2 – дутьевая плита; 3 – шибер; 4 – стержневой ящик;
5 – венты; 6 – стол машины; 7 – впуск воздуха; 8 – нижняя вентиляция; 9 – верхняя
вентиляция стержневого ящика

Основными факторами уплотняющего воздействия на смесь в пескодувном процессе являются живая сила песчано-воздушной струи в период заполнения технологической емкости смесью и фильтрация воздушного потока через смесь от вдувных отверстий к вентам в технологической емкости, продолжающаяся и после ее заполнения.

Живая сила рабочей струи формовочной смеси – главный фактор уплотнения в пескодувном процессе. Она действует в течение первого, основного периода процесса, когда происходит заполнение технологической емкости смесью, продолжительностью до 0,1–0,2 с от момента включения дутья. Скорости струи смеси в этот период достигают 18–25 м/с.

При дальнейшей выдержке технологической емкости под дутьем в ней продолжается уже только процесс фильтрации воздуха через поры смеси по направлению от вдувных отверстий к вентам. При этом в слое смеси возникает разность входного p_1 и выходного p_2 давлений воздуха, тем большая, чем больше высота слоя x . Эта разность давлений производит дополнительное динамическое прессующее действие на слой смеси. Процесс фильтрации протекает с малыми скоростями движения воздуха через смесь.

Фактор фильтрации имеет второстепенное значение в пескодувном процессе. Об этом свидетельствуют приведенные на рис. 2.41 экспериментальные данные об уплотнении смеси в стержневом ящике при изолированном действии факторов пескодувного процесса.

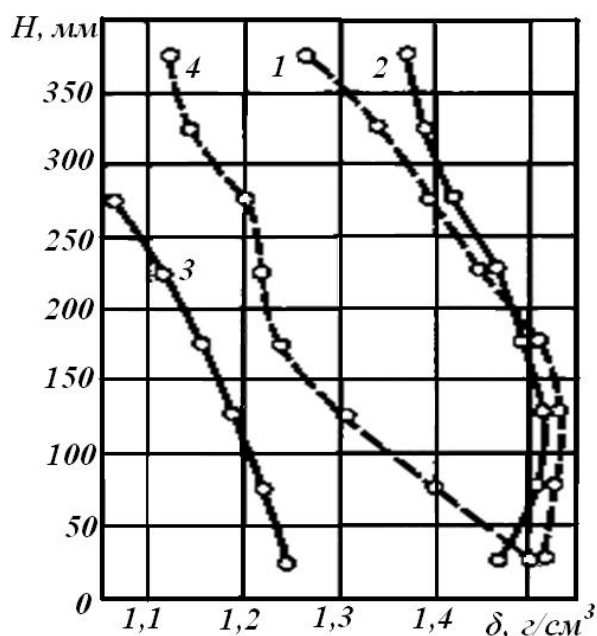


Рис. 2.41. Распределение уплотнения смеси по высоте ящика диаметром 100 мм и высотой 400 мм при воздействии различных факторов пескодувного процесса:

1 – обычный пескодувный процесс при верхней вентиляции ящика; 2 – действие только кинетической энергии струи (ящик без вентиляции, между верхом ящика и дутьевой плитой зазор 50 мм); 3 – действие только фильтрации воздушного потока (предварительная засыпка смеси в ящик, плавное включение дутья, нижняя вентиляция ящика); 4 – обычный пескодувный процесс при нижней вентиляции

При верхней вентиляции стержневого ящика фактор кинетической энергии является безусловно преобладающим: он один позволяет достичь практически такого же уплотнения, как при суммарном действии обоих факторов при обычном пескодувном процессе. В случае нижней вентиляции ящика, т. е. при расположении всех вент в нижней его части, на дне, уплотнение смеси меньше, так как наиболее существенный фактор кинетической энергии струи действовал полностью лишь при заполнении нижней части стержня. Верхняя же его часть уплотнялась главным образом за счет фильтрации воздушного потока, поскольку при увеличении слоя смеси в ящике противодействие воздуха в нем возрастало и скорости рабочей струи во второй половине периода заполнения были невелики.

Изложенные представления о механизме уплотнения формовочных и стержневых смесей при пескодувном процессе подтверждают рекомендации современной практики о применении верхней вентиляции стержневых ящиков и горизонтальном расположении стержней в них.

7.2. Типы пескодувных механизмов

Пескодувные машины. Применяемые в последнее время пескодувные машины имеют пескодувный резервуар, показанный на рис. 2.42, *а*. Во избежание слеживания смеси на дне резервуара выпуск воздуха в него осуществляется по периферии, из кольцевого пространства через сетку по всей боковой поверхности резервуара в его нижней части. Входя с боков и снизу, струйки сжатого воздуха действуют как метла; они сметают и разрыхляют смесь, находящуюся на дне резервуара, тем самым препятствуя ее зависанию и слеживанию, и способствуют более легкому ее прохождению через вдувные отверстия. Кроме того, резервуар снабжен механической ворошилкой, которая включается во время дутья и разрыхляет смесь, препятствуя ее слеживанию и зависанию.

Такие резервуары применяют в современных пескодувных машинах также и для стержневых хорошо подвижных смесей. Они обеспечивают надежную работу машин и высокое качество уплотнения стержней.

Как видно из рис. 2.42, *а*, дутьевую плиту резервуара современного типа делают двойной, состоящей из верхней и нижней плит с промежутком между ними. Вдувные отверстия проходят через обе плиты и выполняются в сменных втулках, запрессованных в отверстия нижней плиты. Эта же нижняя часть дутьевой плиты, или нижнее ее полотно, используется для

установки вент, или вентиляционных пробок, которые распределены по всей плите равномерно в промежутках между вдувными втулками. Вдувные втулки и венты могут быть взаимозаменяемыми.

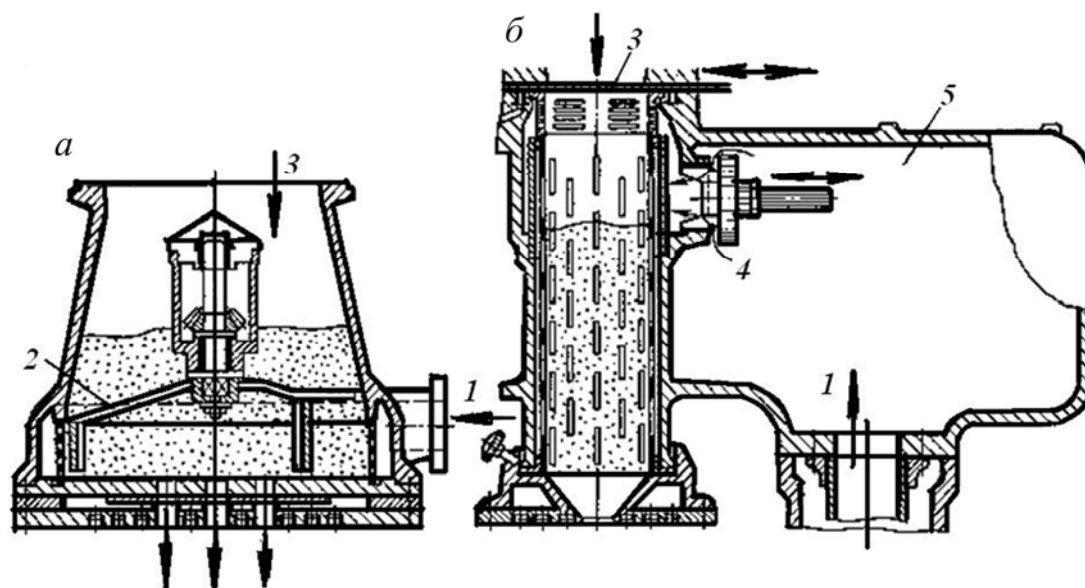


Рис. 2.42. Схемы современного пескодувного (а) и пескострельного (б) механизмов:

1 – подвод сжатого воздуха; 2 – механическая ворошилка; 3 – загрузка смеси;
4 – впуск сжатого воздуха; 5 – ресивер

Таким образом, данная конструкция предусматривает применение верхней вентиляции технологической емкости, и установка вент в стенках ящика при этом является необязательной или же сводится к минимуму.

Пескострельные машины. На рис. 2.42, б показан второй наиболее широко применяемый в настоящее время тип современного пескодувного устройства – головка пескострельной машины. От пескодувной машины пескострельная отличается более быстрым впуском сжатого воздуха в резервуар (называемый в этом случае пескострельным), имеющий форму конического патрона с сужением внизу и одним выходным, или вдувным, отверстием. Очень быстрый, подобный выстрелу, впуск сжатого воздуха в патрон пескострельной машины в течение около 0,05 с обеспечивается быстрым открыванием клапана дутья, имеющего большое проходное сечение, большим объемом близко расположенного ресивера, которым служит полость станины, где непосредственно размещен клапан дутья, и большим диаметром трубы, подводящей воздух к ресиверу из сети (рис. 2.43). Патрон пескострельной машины имеет множество узких щелей, через кото-

рый воздух может входить в патрон и выходить из него при прекращении дутья в выхлопной клапан; песок же через эти узкие щели проходить не может. Часто щели располагаются в два пояса – в верхней части патрона и в его средней и нижней частях на боковой поверхности. Таким образом, впуск воздуха осуществляется и сверху, и сбоку. При этом через щели верхнего пояса поступает воздух, который давит на находящуюся в патроне смесь, а через щели нижнего пояса входит воздух, который взрыхляет смесь и препятствует ее зависанию.

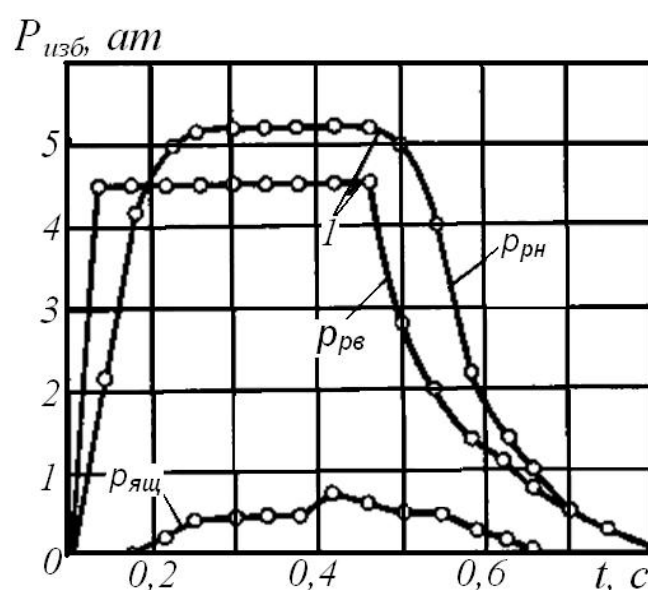


Рис. 2.43. Экспериментальные кривые пескострельного процесса (избыточное давление в сети 5,5 ат):

$p_{р.н}$ – давление в нижней части резервуара (в коническом насадке); $p_{р.в}$ – давление в верхней части резервуара; $p_{ящ}$ – давление в стержневом ящике с комбинированной (верхней и нижней) вентиляцией; 1 – выключение дутья

Сразу после впуска порции, или заряда, сжатого воздуха в пескострельный патрон клапан дутья закрывается и делает отсечку воздуха. Заряд же сжатого воздуха в патроне своим давлением выталкивает порцию смеси из него через вдувное отверстие в технологическую емкость. Проходя через коническое сужение патрона перед вдувным отверстием, смесь сгущается, уплотняется перед выходом и устремляется в технологическую емкость компактной массой, толкаемая сзади зарядом сжатого воздуха подобно пуле, вылетающей из пневматического ружья. Компактность массы смеси, выстреливаемой таким механизмом в стержневой ящик, уменьшает ее абразивное действие, и стенки ящиков изнашиваются меньше, чем при формовке на обычных пескодувных машинах, где рабочая песчано-воздушная струя оказывает

большое изнашивающее действие. Расход сжатого воздуха благодаря отсечке на пескострельных машинах также уменьшается.

Пескострельные машины в настоящее время нашли широкое промышленное применение при изготовлении стержней. Их можно применять также для изготовления литейных форм.

7.3. Сочетание пескодувного процесса с прессованием литейных форм

Одним из способов уплотнения литейных форм (для всего диапазона мелкого и среднего литья) является сочетание предварительного уплотнения пескодувным или пескострельным способом с последующим прессованием или подпрессовкой. Желательна нижняя подпрессовка в размере до 10 % относительной деформации. В таком процессе сочетаются наиболее быстродействующие способы уплотнения – пескодувный и прессовый. Предварительное уплотнение формы пескодувным способом сопровождается заполнением ее смесью, и, таким образом, отпадает необходимость в отдельном выполнении этой операции.

Пескодувный, пневматический способ заполнения смесью форм может также хорошо сочетаться с пневматическим транспортом смеси к формовочным машинам. При этом не требуется установка громоздких бункеров над машинами. Бункера превращаются в небольшие герметизированные проходные воронки-дозаторы, подающие смесь в пескодувные резервуары машин.

Пескодувный процесс при таких условиях можно вести с более низким давлением воздуха, что значительно сократит его расход. Целесообразно также применять для предварительного надува форм пескострельный процесс. Новая модификация пескодувно-прессового процесса находит широкое применение в практике изготовления стопочных безопочных форм.

Разработка пескодувно-прессовых машин для горизонтально-стопочной безопочной формовки началась в 60-х гг. прошлого столетия в Англии, где фирма «Wallwork» создала формовочный автомат, принцип действия которого показан на рис. 2.44. Безопочные формы, или блоки, формуемые на этой машине, собираются в виде двух непрерывных горизонтальных стопок, постепенно проталкиваемых по склизам на заливку. Каждый блок в стопке используется с обеих сторон для отпечатков моделей, как при стопочной формовке. Позиция уплотнения форм находится в середине машины, где имеются пескодувный механизм и два гидроцилиндра для прессования блоков, или форм, после надува.

Блоки формуются в рамке, имеющей две полости и совершающей горизонтальные возвратно-поступательные движения между позицией уплотнения и находящимися справа и слева от нее позициями выталкивания форм. Горизонтальные стопки форм проталкиваются по склизам на заливку и далее на пульсирующих конвейерах на выбивку.

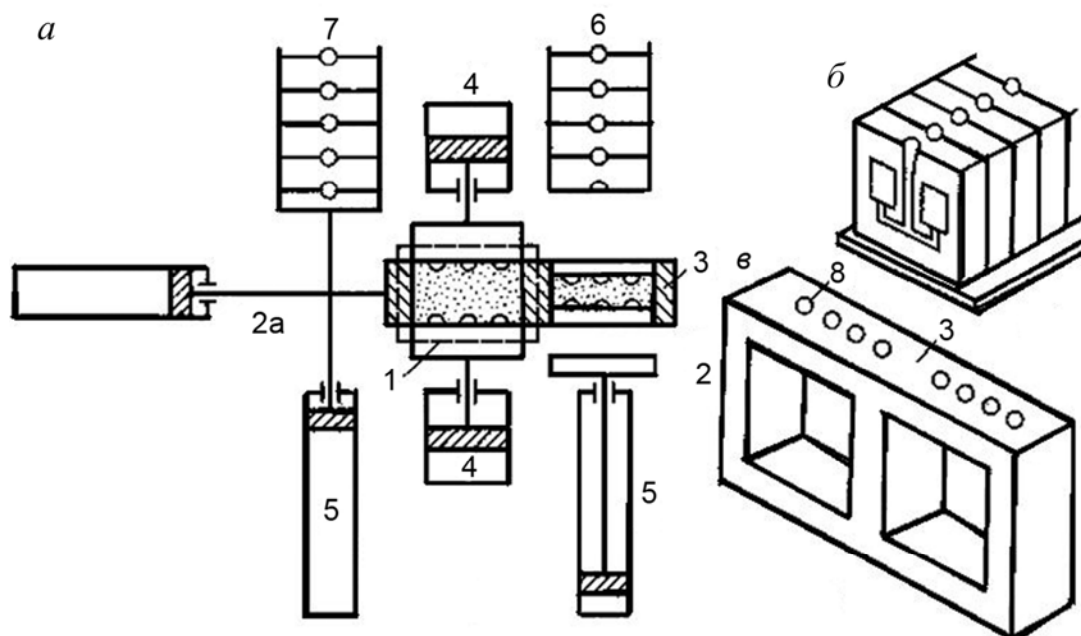


Рис. 2.44. Принцип работы пескодувно-прессовой машины «Wallwork» для горизонтально-стопочной безопочной формовки:

а – схема компоновки; *б* – стопка готовых форм (блоков); *в* – двухместная рамка для формовки; 1 – позиция надува с последующим прессованием; 2 и 2а – дублированная позиция выталкивания блоков из рамки; 3 – рамка для формовки блоков; 4 – прессовые цилиндры; 5 – цилиндры для выталкивания заформованных блоков из рамки; 6 и 7 – стопки готовых форм (блоков); 8 – вдувные отверстия рамки

Наибольшее распространение в современной практике получила машина «Disamatic», которая выдает не две, а одну стопку (линию) безопочных блоков. На рис. 2.45 показаны последовательные фазы процесса получения форм на этой машине.

В положении *а* производится заполнение камеры машины, в которой формируется блок, смесью из пескодувной (пескострельной) головки машины. В положении *б* основной плунжер гидроцилиндра производит прессование формируемого блока. Масло под давлением впускается в цилиндр, как показано стрелкой. Давление прессования составляет в машинах разных размеров от 2 до 3 МПа. В положении *в* передняя (левая) стенка камеры отодвигается в сторону стопки блоков (влево на схеме), для чего масло под давлением впускается в кольцевое пространство заднего плунжера под-

вижной рамы машины. Масло же из основного (среднего) рабочего пространства гидроцилиндра (между основным и задним плунжерами) вытесняется кверху, в цилиндр аккумулятора. Левая стенка камеры при этом, отходя от машины, поворачивается на шарнире в горизонтальное положение, кверху. Одновременно пескодувный резервуар заполняется формовочной смесью. В положении *г* очередная уплотненная форма, или безопочный блок, передвигается от машины и присоединяется к стопке блоков, причем этим движением передвигается и вся стопка на толщину одного блока. В положении *д* задняя (правая) стенка камеры возвращается назад в машину, и, наконец в положении *е* возвращается в исходное положение также передняя (левая) стенка камеры.

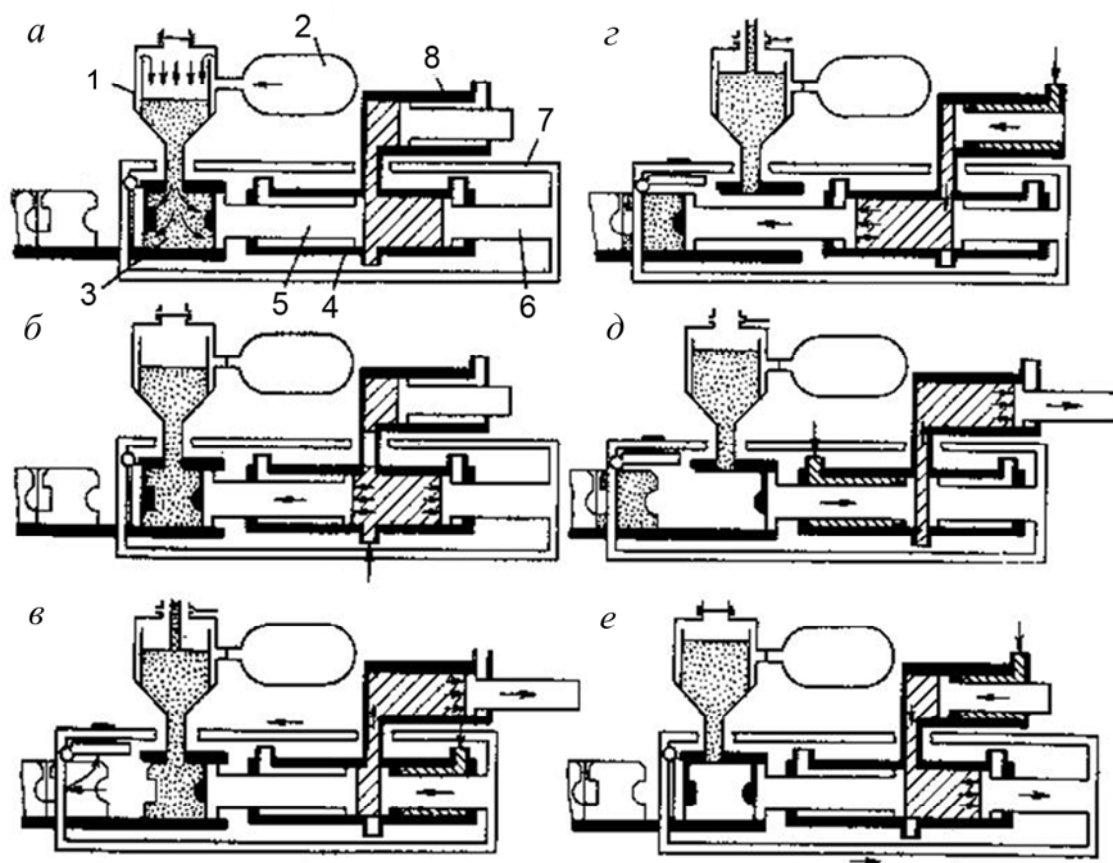


Рис. 2.45. Последовательные фазы цикла пескодувно-прессовой машины «Disamatic» для горизонтально-стопочной безопочной формовки:

а – надув формы (блока); *б* – прессование блока; *в* – отвод передней стенки камеры с ее поворотом кверху; *г* – выталкивание заформованного блока из камеры; *д* – возвращение задней стенки камеры; *е* – возвращение передней стенки камеры; 1 – пескодувный резервуар; 2 – ресивер; 3 – камера машины; 4 – гидроцилиндр прессования; 5 – основной плунжер (прессования); 6 – задний плунжер (рамы); 7 – подвижная рама; 8 – аккумулятор

Машины этого типа выпускают для изготовления безопочных стопочных форм с размерами 500 и 600 мм по ширине и от 400 до 775 мм по высоте при толщине блоков от 125 до 400 мм с металлоемкостью формы до 750 кг. Они имеют цикловую часовую производительность от 240 до 300 блоков (форм) в час. Формы могут иметь стержни, которые устанавливаются на вертикальных разъемах блоков с помощью особого стержнеукладчика.

Заливка стопки блоков производится по мере их продвижения на неподвижном склизе (а в модели машины наибольшего размера – на склизе с принудительным периодическим движением). Дальнейшее затвердевание и охлаждение отливок происходит на транспортере, который обычно делается без привода.

На рис. 2.46 показана одна из первых самых маленьких формовочных машин семейства «Disamatic». Эти машины начали изготавливаться в 1964 г.

Рис. 2.46. Формовочная машина «Disamatic»:

1 – формовочная машина; 2 – стержнеукладчик; 3 – автоматический конвейер для форм; 4 – синхронный ленточный конвейер; 5 – установка подачи смеси; 6 – циклон

199

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте рабочий процесс пескодувного уплотнения.
2. Какие типы пескодувных резервуаров вы знаете?
3. Приведите классификацию и укажите конструктивные особенности пескострельных машин.
4. Охарактеризуйте комбинированный пескодувно-прессовый процесс.
5. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры пескодувной стержневой, пескострельной машины. Используйте примеры расчета 21, 22 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 13 прил. 2.

Глава 8. ПЕСКОМЕТЫ

Основным рабочим органом современного центробежного пескомета является метательная головка, представляющая собой быстро вращающийся ротор с одной, двумя или тремя лопатками. Эти лопатки и выбрасывают из кожуха головки порции (пакеты) формовочной или стержневой смеси с большой скоростью вертикально вниз, в набиваемую опоку или стержневой ящик. Таким образом, пескомет механизмирует старинный прием формовщиков ручной формовки, заключающийся в том, что для лучшего уплотнения смеси в углах или глубоких впадинах модели либо ящика берут пригоршню смеси и с размаха бросают ее в трудноуплотняемое место. Для обслуживания всей площади опоки или ящика метательная головка центробежного пескомета монтируется на двух рычагах, или рукавах, так что ее можно водить над набиваемой опокой. Формовочная смесь подводится к метательной головке непрерывно с помощью системы ленточных конвейеров.

8.1. Метательная головка центробежного пескомета

Находящийся на горизонтальном валу ротор приводится во вращение непосредственно от электродвигателя. На роторе крепится одна сменная лопатка или ковш (рис. 2.47). Формовочная или стержневая смесь непрерывно поступает с ленточного конвейера в кожух головки в осевом направлении через окно в задней стенке кожуха. Поток смеси отсекается быстровращающейся лопаткой, формируется под действием центробежных сил в пакет и продвигается лопаткой по окружности (на схеме против часовой стрелки). При продвижении пакет смеси ограничивается с периферии стальной направляющей дугой, которую закрепляют в головке якорным болтом и устанавливают строго по дуге окружности с минимальным зазором по отношению к кромке лопатки. При передвижении лопаткой вдоль направляющей дуги пакет смеси под действием центробежных сил приобретает некоторое уплотнение.

После того как пакет смеси и лопатка ротора пройдут горизонтальный радиус головки, где кончается направляющая дуга, пакет начинает соскальзывать с лопатки, так как отсутствует ограничивающая поверхность дуги. В некотором положении лопатки, показанном на рис. 2.47 штриховой линией, центр тяжести пакета достигает окружности выходной кромки ло-

патки, и пакет смеси сходит с нее. В этот момент он приобретает под действием центробежных сил некоторую выходную скорость w относительно лопатки. Абсолютная скорость v схода пакета с ротора есть геометрическая сумма вектора w и вектора u переносной, окружной скорости пакета на выходной окружности ротора.

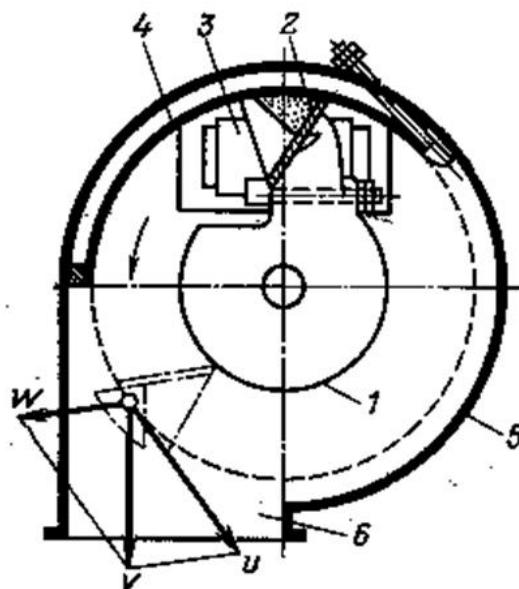


Рис. 2.47. Схема метательной головки центробежного пескомета:
1 – ротор; 2 – сменная лопатка или ковш; 3 – ленточный конвейер, подающий в головку формовочную смесь; 4 – направляющая дуга; 5 – кожух головки; 6 – выходной патрубок кожуха

Современные центробежные пескометы выпускают производительностью до $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ (по уплотненному объему смеси). Они имеют диаметр окружности ротора (окружности вращения выходной кромки лопатки) 400–800 мм. Частота вращения ротора $n = 1000\text{--}1500 \text{ об/мин}$; число лопаток на роторе от 1 до 3. Выходная абсолютная скорость v пакетов смеси должна быть достаточной для получения надлежащего уплотнения литейных форм – не менее 30 м/с и до 45–60 м/с.

8.2. Типы пескометов

Пескомет является единственным видом формовочной машины, не связанным непосредственно с опокой и модельной плитой или стержневым ящиком. Поэтому его можно эффективно использовать для набивки как единичных разнообразных литейных форм и стержней в единичном и мелкосерийном производстве, так и однотипных форм и стержней в усло-

виях массового и крупносерийного производства. Применение пескометов ограничивается размерами набиваемых форм и стержней. При слишком малых их размерах происходят значительные потери формовочной смеси, просыпающейся мимо при набивке вблизи края опоки или ящика. При больших же их размерах потери смеси относительно невелики.

В условиях массового производства единообразие набиваемых форм или стержней позволяет легко осуществить подвод их в рабочую зону, под головку пескомета, на каком-либо конвейере или карусели. Сам же пескомет при этом целесообразно выполнять стационарным, что упрощает его конструкцию.

Стационарный пескомет (рис. 2.48) в условиях массового производства работает обычно с каруселью, которая, периодически поворачиваясь, по очереди подводит под метательную головку подлежащие набивке опоки, стоящие на модельных плитах на простых протяжных станках, имеющих на карусели. Перемещение метательной головки над опоками для их набивки при этом осуществляется иногда вручную, а чаще механизированно с помощью гидроцилиндров (см. рис. 2.48). Управление гидроцилиндрами поворота рукавов осуществляет оператор, сидящий на специальном кресле, расположенном на конце малого рукава.

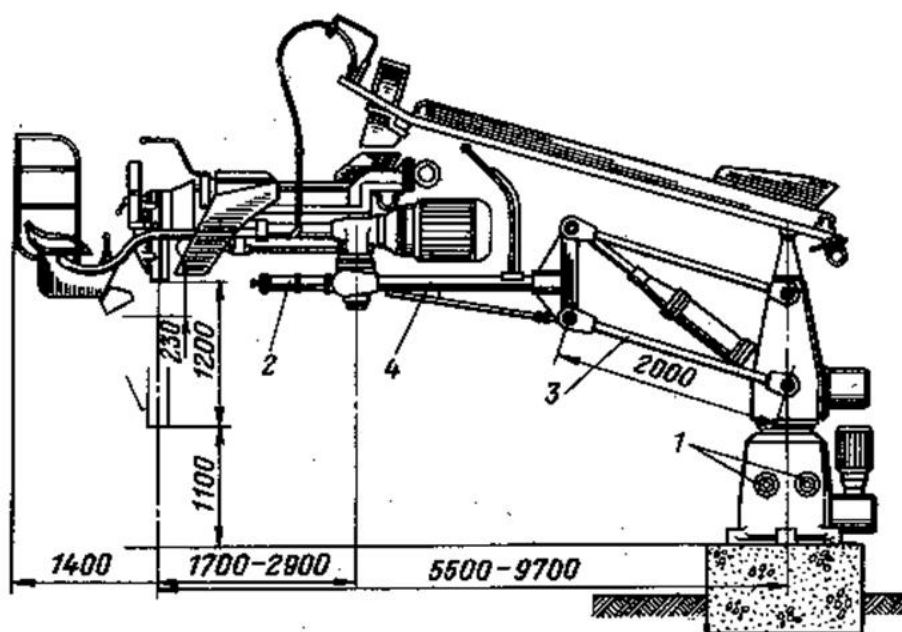


Рис. 2.48. Компонировка стационарного пескомета с регулированием высоты расположения метательной головки и гидроприводом поворота рукавов:

1 – гидроцилиндры поворота большого рукава; 2 – гидроцилиндр поворота малого рукава; 3 – шарнирный параллелограмм большого рукава; 4 – консоль большого рукава

Кроме того, у показанного на рис. 2.48 пескомета метательная головка может перемещаться по высоте для набивки опок, расположенных на разных уровнях. Для этого большой рукав его выполнен в виде шарнирного параллелограмма, который может подниматься и опускаться с помощью гидроцилиндра.

Качающийся, или подвесной, пескомет представляет собой метательную головку с электродвигателем, подвешенную над непрерывно вращающейся каруселью, которая подводит под головку набиваемые опоки, находящиеся на протяжных станках. Сама головка непрерывно качается над проходящими внизу опоками с помощью особого привода. Питание головки формовочной смесью осуществляется из стационарного бункера. Применение такого пескомета, как и обычного стационарного, характерно для условий массового и крупносерийного производства.

Передвижные пескометы применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства, когда опоки имеют разнообразные размеры и поэтому подачу их к пескомету осуществлять затруднительно. Передвижной пескомет перемещается вдоль пролета формовочного отделения, набивая подготовленные опоки, расположенные вдоль пути его следования и установленные на находящихся на полу пролета щитках с моделями или же модельными плитами. Чаще всего применяют передвижные пескометы двух типов: консольный и передвижной с бункером.

Консольный пескомет передвигается вдоль линии колонн пролета на тележке по одному рельсу на полу и по верхнему опорному пути подобно велосипедному крану. Формовочная смесь подается цеховым ленточным конвейером. Смесью сбрасывается с транспортирующей ленты скребком пескомета, который может подниматься и опускаться на ленту и поворачиваться около вертикальной оси, устанавливаясь на большую или меньшую подачу смеси. Привод тележки, метательной головки и ленточных конвейеров большого и малого рукавов осуществляется с помощью электродвигателей.

Передвижной пескомет с бункером перемещается на тележке по рельсовому пути вдоль формовочного пролета по его середине и производит набивку опок, расставленных по обе стороны пути его движения. Пескомет имеет съемный бункер с формовочной смесью, который устанавливается краном, обслуживающим пролет. На тележке такого передвижного

пескомета под бункером имеется пластинчатый питатель, подающий смесь из бункера через качающееся сито в ковшовый элеватор. Им смесь передается далее на ленту большого рукава, а с него на ленту малого рукава и, наконец, в метательную головку.

Пескометная головка для изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей применяется на машине, называемой *миксер-слингером* (mixer-slinger). Машина состоит из консоли или рукава, на котором имеется винтовой смеситель непрерывного действия, выдающий приготовленную в нем смесь в пескометную головку, которая бросает смесь в стержневой ящик (рис. 2.49). Кроме того, стержневая машина имеет карусель с расположенными на ней стержневыми ящиками, по очереди подводимыми под метательную головку, а также позицию разборки ящиков и вытяжки готовых (после отверждения на карусели) стержней. На рис. 2.50 показана компоновка 12-позиционной полуавтоматической машины непрерывного действия для изготовления стержней из ХТС модели 4734 (масса стержня до 40 кг, размеры ящика 740×530×220 мм, производительность 70 съемов в час).

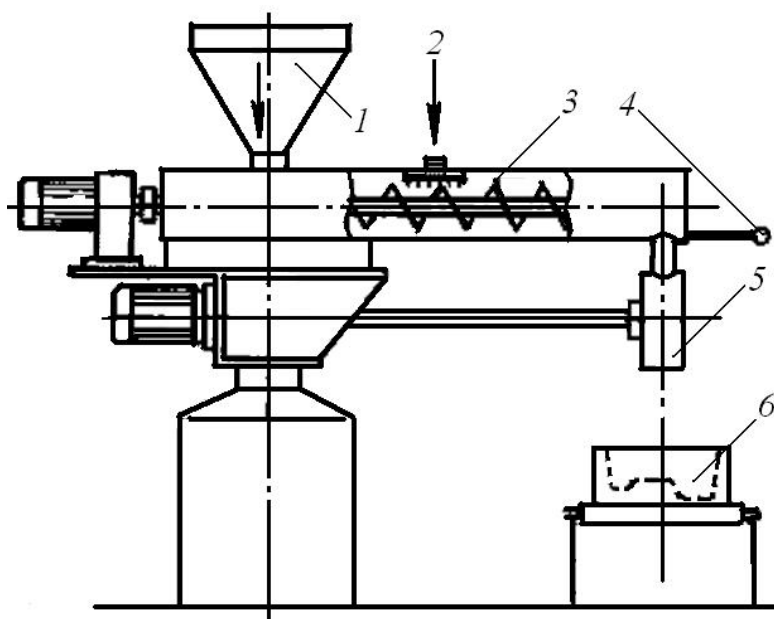


Рис. 2.49. Компоновка миксер-слингера для набивки стержней из холоднотвердеющих смесей:

1 – бункер с песком; 2 – подача жидких составляющих; 3 – шнековый смеситель непрерывного действия; 4 – управляющая рукоятка; 5 – пескометная головка; 6 – стержневой ящик

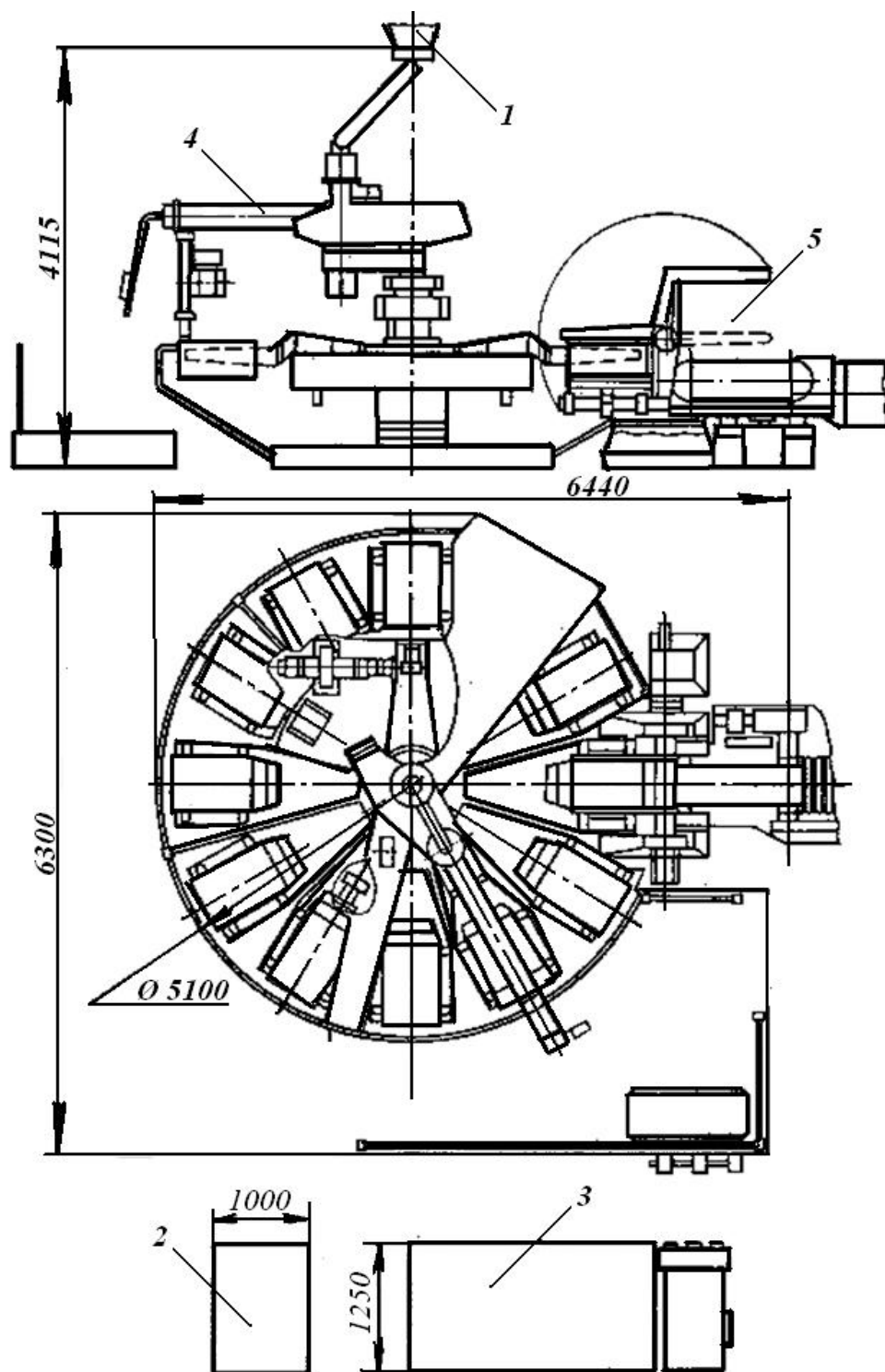


Рис. 2.50. Компоновка 12-позиционной машины для изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей:

1 – цеховой бункер; 2 – гидростанция; 3 – емкость для смолы; 4 – миксер-слингер;
5 – позиция разборки ящиков и выдачи готовых стержней

Применяются также миксер-слингеры с двумя рукавами, поворачивающимися, как у пескомета. На первом (большом) рукаве имеется два винтовых смесителя, в одном из которых смешивается песок со смолой (связующим), а в другом – песок с катализатором. На малом (втором) рукаве находится третий винтовой смеситель, который перемешивает предварительно приготовленные в первых двух смесителях смеси и непрерывно выдает рабочую смесь с малой живучестью с помощью пескометной головки в стержневой ящик.

Ширококовшовый пескомет представляет собой центробежную метательную машину, которая, как и обычный пескомет, бросает формовочную смесь в опоку, одновременно наполняя ее и уплотняя смесь. Такой пескомет конструктивно отличается от обычного тем, что ковш, ротор и в целом метательная головка имеют ширину, равную длине опоки. Загрузка смеси по лотку 3 в данном случае не осевая, а тангенциальная. На раме 7 (рис. 2.51) закреплены конвейер 1 малого рукава и метательная головка 4 с ковшом 6. Вал 5 метательной головки 4 и ось приводного барабана 2 ленточного конвейера 1 параллельны. Для уплотнения одной полуформы требуется 10–12 с. За это время головка пескомета вместе с питающим ее ленточным конвейером совершает всего четыре возвратно-поступательных движения (два вперед и два назад).

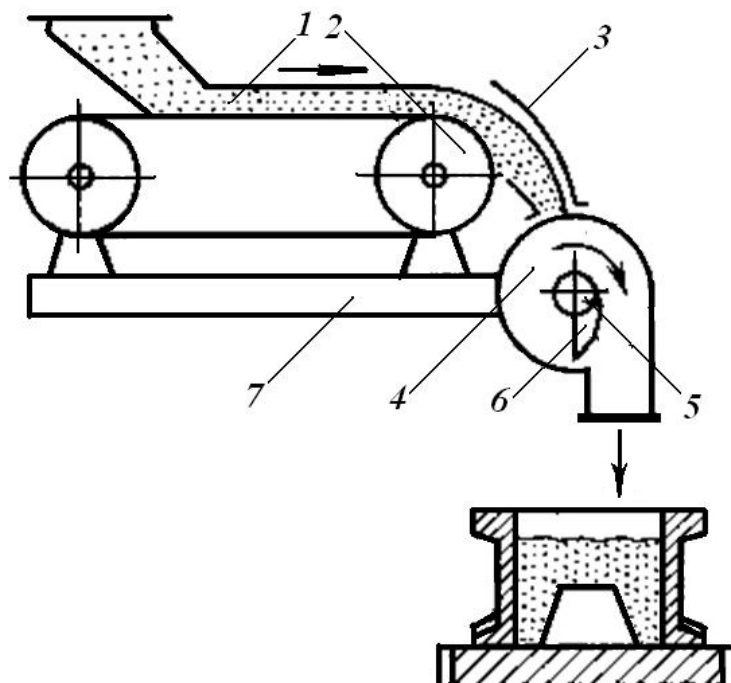


Рис. 2.51. Схема ширококовшового пескомета

К преимуществам обычного пескомета в данном случае добавляется еще одно – высокая производительность. Ширококовшовый пескомет обеспечивает достаточно высокое качество уплотнения смеси. Однако в теневых местах около моделей смесь уплотняется несколько хуже, что можно отнести к недостаткам ширококовшового пескомета. Он потребляет большое количество энергии и создает значительный шум. Несмотря на это, его применяют в промышленности.

8.3. Рабочий процесс пескомета

Формовочная смесь подается в головку центробежного пескомета ленточным конвейером. При этом непрерывный поток смеси на ленте конвейера превращается в дискретный поток отдельных порций, или пакетов, смеси на роторе.

Подача смеси лентой обычно производится в аксиальном направлении, т. е. в направлении, параллельном оси ротора головки. В этом случае из простых геометрических соотношений вытекает, что скорость транспортирующей ленты $v_{тр}$, м/с, должна быть увязана с числом ковшей i на роторе, шириной ковша b , мм, и частотой вращения ротора n , об/мин, следующим образом (рис. 2.52):

$$\frac{60}{n} v_{тр} \cdot 10^3 = bi,$$

откуда скорость ленты должна быть

$$v_{тр} = \frac{bni}{60 \cdot 10^3}.$$

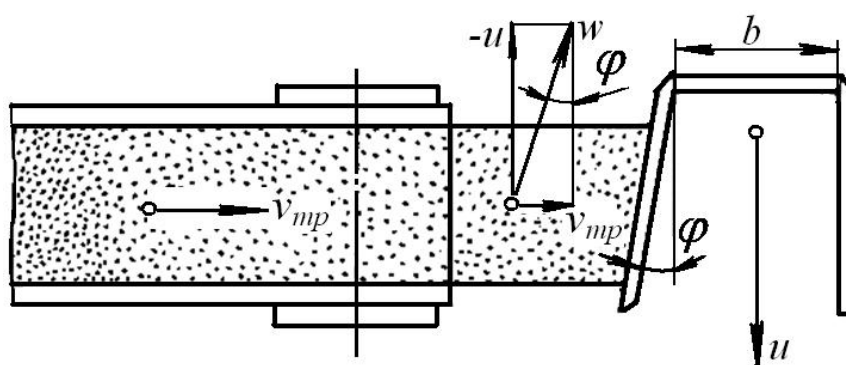


Рис. 2.52. Схема подачи формовочной смеси на ротор центробежного пескомета

При этих условиях поток смеси, сбрасываемый лентой, будет без потерь отсекается последовательно подводимыми на роторе лопатками или ковшами, которые будут заполняться смесью полностью на всю их ширину.

Боковая стенка ковша со стороны подающей ленты, отрезающая поток смеси, должна быть отклонена от направления вращения ротора на некоторый угол φ , соответствующий отклонению вектора относительной скорости движения потока смеси w . Из построенного на рис. 2.52 параллелограмма скоростей легко увидеть, что этот угол составляет

$$\varphi = \arctg \frac{V_{\text{тр}}}{u},$$

где u – окружная скорость ротора на радиусе встречи ковша с потоком смеси, м/с.

Степень уплотнения смеси в пакете зависит от расположения пакета по отношению к центру вращения ротора. Чем больше это расстояние, тем больше центробежная сила, тем большее давление испытывает слой, а следовательно, тем выше плотность пакета.

Для обеспечения более благоприятного направления выхода смеси с лопатки ковша ее закрепляют на роторе под углом 20° .

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что пакет смеси сходит с лопатки ротора пескомёта практически как одно целое тело. При встрече пакета с моделью или с ранее уложенными слоями смеси поднимается давление, которое уплотняет смесь в опоке, причем сам пакет при этом также уплотняется под действием сил инерции, возникающих при ударе, и внедряется в уплотненную смесь.

Экспериментальная зависимость между плотностью и энергией падающего пакета выглядит следующим образом:

$$\rho = 1 + ce^{0,08}, \quad (2.10)$$

где c – коэффициент уплотняемости смеси; $c = 0,4 \div 0,6$;

e – кинетическая энергия пакета, Дж; $e = \frac{mv^2}{2}$;

m – масса одного пакета, кг;

v – абсолютная скорость схода пакета, м/с.

Приведенное уравнение справедливо для скоростей схода $v = 30\text{--}35$ м/с.

Из уравнения (2.10) видно, что главным фактором, влияющим на плотность смеси, является абсолютная скорость движения пакета: чем она больше, тем выше плотность.

На плотность смеси в пакете влияет также и скорость перемещения головки пескомета над опокой. Оптимальные значения скорости находятся в пределах 0,4–0,6 м/с. При более низких скоростях пакеты падают друг на друга, смесь образует конус в месте падения и течет по нему в стороны. При этом она частично разрыхляется, плотность и твердость смеси снижаются.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте конструктивные типы пескометов.
2. Каков принцип действия метательной головки центробежного пескомета?
3. Охарактеризуйте рабочие процессы пескомета.
4. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры головки пескомета. Используйте пример расчета 23 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 14 прил. 2.

Глава 9. ИМПУЛЬСНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМОВКИ

В последнее время широкое распространение получили импульсные формовочные машины. По сравнению с широко известным встряхивающе-прессовым методом импульсное уплотнение обеспечивает получение очень сложных форм, в том числе с глубокими карманами в оснастке, минимальными расстояниями между моделями, а также геометрическую точность отливок и позволяет существенно снизить припуски на механическую обработку.

Импульсный метод обеспечивает высокую производительность формовочных машин, экономичен, вызывает меньший износ оснастки; импульсные формовочные машины не требуют массивных фундаментов, просты в эксплуатации вследствие отсутствия подвижных механизмов. Преимущества этого процесса проявляются не только в производстве отливок высокого качества, надежности, универсальности, но и в улучшении условий труда формовщика вследствие снижения шума и вибрации.

К импульсным способам уплотнения относятся воздушно-импульсные, газоимпульсные (газовзрывные), электроимпульсные и магнитно-импульсные.

В настоящее время в промышленности применяются в основном воздушно-импульсные установки и реже газоимпульсные формовочные установки. Воздушно-импульсные установки подразделяются на два типа: высокого давления (5–8 МПа) и низкого давления (0,5–0,6 МПа).

Воздушно-импульсные формовочные установки высокого давления широкого распространения не получили, поскольку они требуют специального компрессора высокого давления, а также из-за уровня шума выше допустимых норм и наличия вент в модельной оснастке.

9.1. Воздушно-импульсная формовка

Способ воздушно-импульсной формовки состоит в том, что находящуюся в опоке смесь воздействуют импульсом высокого давления. В результате смесь с большим ускорением перемещается в сторону модельной плиты. При встрече с моделью или модельной плитой происходит резкое торможение и уплотнение смеси под действием давления лежащих выше слоев. Верхние слои смеси так же, как и при встряхивании, не уплотняются. Рабочий орган машины – импульсная головка – представляет собой ем-

The diagram shows a cross-section of a vacuum furnace. A central chamber (1) is filled with a granular material (2) and contains a sample (3) supported by a stand (4). The chamber is surrounded by a thick insulation layer (5). The outer shell (6) has a flange (7) connected to a pump (P) and a control unit (K). A gas inlet (8) with a valve (9) and a pressure gauge (10) is located on the top. A gas outlet (11) is also on the top. A gas inlet (12) with a valve (13) is on the side. The diagram is labeled with numbers 1 through 13 and letters A, B, and Γ.

В исходном положении клапан 10 прижат пружиной 9 к седлу клапана, выпускное отверстие В перекрыто. После заполнения опоки и наполнительной рамки смесью импульсная головка прижимается к оснастке и полость А наполняется сжатым воздухом с помощью распределителя 7. Когда давление в полости А достигает заданного, полость соединяется с подпоршневой полостью В распределителем 7 и сжатый воздух быстро поднимает клапан 10, открывая выхлопное отверстие В. Сжатый воздух вначале заполняет полость рассекателя Г, а затем, проходя через отверстие рассекателя, равномерным потоком направляется на смесь. Дефлектор 11 способствует равномерному распределению потока воздуха, выходящего из отверстия В, в полости рассекателя Г. Большая часть отработанного воздуха из полости наполнительной рамки удаляется в атмосферу через специальный клапан 12, выполненный у нижнего фланца наполнительной рамки, а остальной воздух удаляется путем фильтрации через венты 13, расположенные в оснастке.

Давление воздуха в ресивере P и в полости A головки поддерживается специальным компрессором K до 7–8 МПа, давление потока воздуха в момент встречи со смесью равно 1,0–1,5 МПа. При перемещении смеси резко увеличивается объем полости прессования, давление над смесью и в полости A снижается до 0,2–0,3 МПа. Длительность процесса составляет 1–3 с.

При воздушно-импульсном способе достигается высокое и равномерное уплотнение смеси. Твердость формы со стороны модели составляет 90–95 ед., а на контрладе после удаления неуплотненного слоя смеси 20–40 мм твердость достигает 70 ед.

Преимущества процесса – минимальное время и хорошее качество уплотнения, универсальность. Недостатки – повышенный расход воздуха, значительный шум, необходимость специального компрессора и ресивера высокого давления.

9.2. Уплотнение форм воздушным потоком с допрессовкой под высоким давлением (метод SEIATSU)

В настоящее время заслуживает внимания новый метод изготовления форм уплотнением воздушным потоком с прессованием под высоким давлением (SEIATSU). Он получил свое развитие в конце 80-х гг. прошлого века. Преимущество метода – достаточно равномерное распределение плотности смеси по всей форме (в том числе в карманах оснастки) с минимальным уклоном модельной оснастки, что обеспечивает высокую размерную и весовую точность отливок.

Рассматриваемый процесс уплотнения литейных форм является комбинированным: происходит предварительное уплотнение фильтрацией воздушного потока (кратковременная продувка потоком сжатого воздуха) через смесь и венты, расположенные по контуру модельной плиты (рис. 2.54, *а*) и в узких карманах моделей, и последующее уплотнение плоской прессовой колодкой (рис. 2.54, *б*). Формовочный узел машины состоит из двух основных узлов: узла подачи сжатого воздуха и прессового узла.

В состав узла подачи воздуха входит ресивер сжатого воздуха (на рис. 2.54 не показан), объем которого составляет 1–2 м³, а в отдельных случаях и более, трубопровод 1 большого сечения и ограниченной длины и впускной быстродействующий клапан 2 с электромагнитным приводом.

Прессовый узел состоит из двух гидроцилиндров 3 и плоской жесткой прессовой колодки 4. Применяются также прессовые колодки других конструкций: многоплунжерные, гидро- пневматические и др. Отличительная особенность модельной оснастки – наличие большого количества вент 10. Вторая особенность состоит в том, что во время процесса уплотнения все элементы оснастки с корпусом воздушной головки 5 должны быть надежно герметизированы. Следовательно, формовочная машина должна иметь гидропривод для герметизации опоки 7, наполнительной рамки 6 и корпуса головки 5, а плоскости соединения должны быть хорошо обработаны и иметь герметизирующие элементы (жгуты, прокладки и др.).

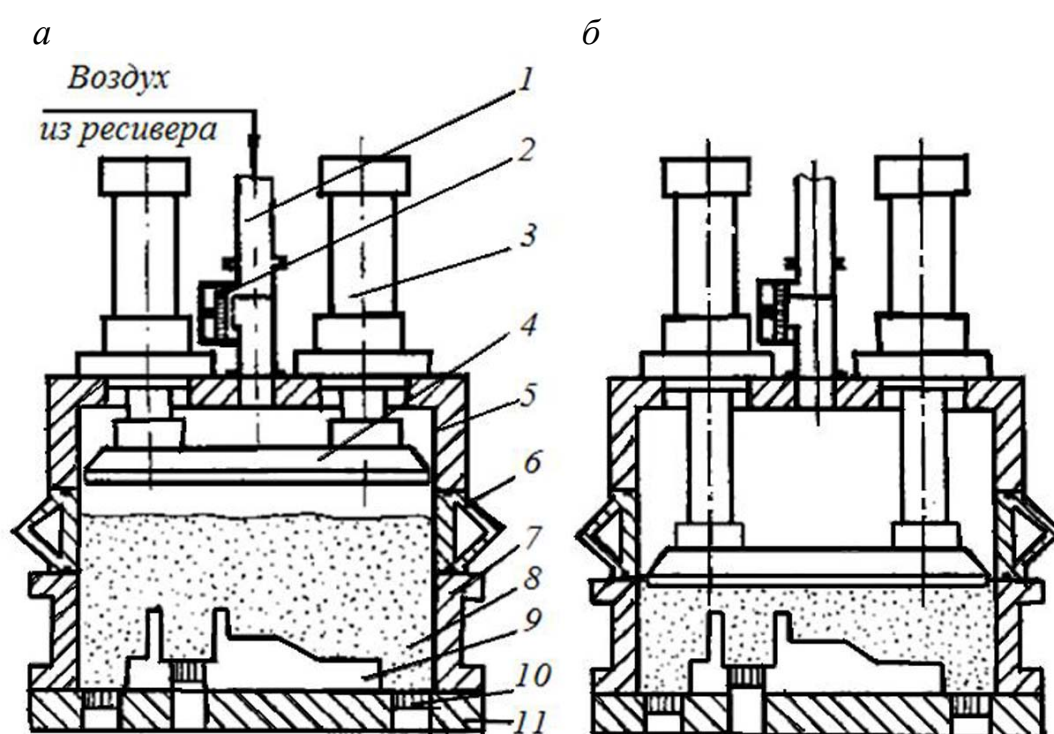


Рис. 2.54. Схема установки для уплотнения форм воздушным потоком с допрессовкой:

а – этап подачи потока воздуха и предварительное уплотнение; *б* – этап допрессовки;
 1 – трубопровод; 2 – быстродействующий клапан; 3 – гидроцилиндры; 4 – плоская жесткая прессовая колодка; 5 – корпус воздушной головки; 6 – наполнительная рамка;
 7 – опока; 8 – формовочная смесь; 9 – модель; 10 – венты; 11 – модельная плита

После установки опоки с наполнительной рамкой и засыпки смеси 8 производится поджим оснастки к головке, т. е. полная и надежная герметизация, исключающая выброс воздуха и частичек смеси из оснастки. Затем открытием клапана в течение 0,02–0,2 с производится впуск сжатого воздуха из ресивера в полость над смесью. Воздух, фильтруясь через смесь,

уходит через венты в атмосферу. В результате действия сил фильтрации смесь двигается в направлении вент и уплотняется: чем ближе к модельной плите, тем смесь плотнее. После ухода воздуха в атмосферу производится допрессовка смеси. Распределение плотности смеси по высоте опоки показано на рис. 2.55. Кривая 1 характеризует распределение плотности смеси по высоте опоки при воздействии потока сжатого воздуха на формовочную смесь, кривая 2 – распределение плотности смеси по высоте опоки при последующей допрессовке (суммарную плотность). Как видно из графика, на первом этапе уплотнения наибольшая плотность наблюдается по ладу, наименьшая (неуплотненная смесь) – по контрладу. Последующая допрессовка выравнивает плотность смеси до технологически необходимой по всей высоте опоки. Для сравнения кривая 3 показывает плотность смеси при чистом прессовании.

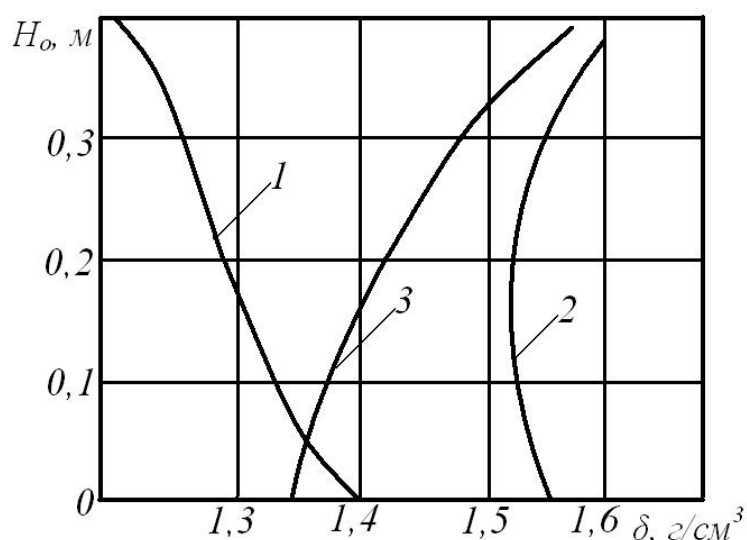


Рис. 2.55. Характер изменения плотности по высоте формы:

1 – при фильтрации воздушного потока через смесь; 2 – суммарное воздействие фильтрации воздушного потока и допрессовки; 3 – влияние чистой допрессовки

Поток сжатого воздуха, протекая через формовочную смесь по направлению к вентам, увлекает частицы смеси за счет сил трения. Создается направленный песчано-воздушный поток, обладающий значительной энергией. В дальнейшем воздух уходит через венты, а твердая основа потока тормозится и уплотняется. Время действия сил фильтрации составляет 0,2–0,3 с. Давление сжатого воздуха в ресивере, расположенном рядом с машиной, равно давлению в цеховой магистрали, т. е. 0,6 МПа. В результате действия силового воздушного потока на смесь форма уплотняется только час-

точно. Для полной и технологически необходимой степени уплотнения смесь допрессовывается. Давление допрессовки составляет 0,6 МПа. Давление подпрессовки и продолжительность действия воздушного потока можно регулировать. Этим достигается оптимальная степень уплотнения для различных формовочных смесей и форм.

В отличие от воздушно-импульсного процесса, где основным силовым уплотняющим фактором является большая сила инерции смеси, в рассматриваемом процессе уплотняющим фактором выступают силы фильтрации, которые зависят от давления воздуха, начальной плотности смеси и высоты опоки.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте импульсные методы формовки.
2. В чем заключается способ воздушно-импульсной формовки?
3. Приведите схему машины для воздушно-импульсной формовки.
4. Охарактеризуйте особенности метода SEIATSU.

РАЗДЕЛ 3. ПОТОЧНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИТЕЙНЫЕ ЛИНИИ

Глава 10. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОТОЧНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫХ И АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ФОРМАХ

Около 80 % отливок получают в разовых песчано-глинистых формах, несмотря на совершенствование и развитие производства отливок в металлических формах, по выплавляемым моделям, в оболочковых формах из термореактивных смесей, непрерывным литьем и другими специальными способами. Это объясняется достижением высокого уровня технологии, а также механизации и автоматизации изготовления отливок в песчаных формах, что позволяет получать отливки необходимой точности при высокой производительности с соблюдением необходимых санитарно-гигиенических условий.

Поточно-механизированные и автоматические линии формовки, заливки, выбивки – основные технологические комплексы современного литейного производства, определяющие состав и номенклатуру оборудования цеха.

В зависимости от характера производства (единичное, серийное, массовое), сложности и массы отливок, требований к физико-механическим свойствам и качеству поверхности отливок в литейных цехах применяют линии с различными формообразующими агрегатами, средствами транспорта и планировками.

Рассмотрим определения и термины, относящиеся к поточно-механизированным и автоматическим линиям.

Автомат – такая единица оборудования, на которой без непосредственного участия человека, т. е. автоматически, как минимум осуществляются ввод предмета в рабочую зону, выполнение всех операций по непосредственному воздействию на предметы труда на данном оборудовании, установка предметов труда, снятие предметов труда, удаление отходов из зоны обработки. Циклы обработки на автомате повторяются непрерывно без вмешательства человека. Если для повторения операций на данной единице оборудования требуется вмешательство человека, то ее называют полуавтоматом.

Поточная линия – комплекс основного, вспомогательного и подъемно-транспортного оборудования, машин и механизмов, в котором операции обработки или сборки, выполняемые с участием человека, закреплены за определенными рабочими местами. При этом оборудование или рабочие места расположены, как правило, в порядке выполнения операций.

Механизированная поточная линия – поточная линия, в которой большая часть операций производственного процесса выполняется механизмами, машинами и оборудованием других видов и, кроме того, механизированы процессы перемещения предметов обработки от одного рабочего места к другому.

Комплексная механизированная поточная линия – поточная линия, в которой все основные операции производственного процесса выполняются механизмами, машинами и оборудованием других видов с взаимно увязанной производительностью и, кроме того, механизированы процессы перемещения предметов обработки от одного рабочего места к другому.

Автоматическая линия – комплекс основного, вспомогательного и подъемно-транспортного технологического оборудования, машин и механизмов (состоящий, как минимум, из двух единиц основного оборудования, выполняющих различные операции), на котором без непосредственного участия человека в требуемой технологической последовательности с определенным ритмом выполняются операции части производственного процесса. При этом осуществляется общее управление и имеются автоматические транспортные устройства для перемещения предметов обработки от одного вида оборудования к другому, а человек выполняет только наладку и наблюдение за ходом процесса.

Комплексная автоматическая линия – такая автоматическая линия, на которой все операции производственного процесса осуществляются без участия человека.

Существуют различные классификации формовочных линий. Их можно классифицировать по следующим признакам:

- наличию опок: линии опочной и безопочной формовки;
- принятому технологическому процессу изготовления форм: встряхивающее-прессовые, прессовые, пескодувно-прессовые, пескометные, на основе химически твердеющих жидкоподвижных или сыпучих смесей и т. д.;
- типу применяемого автомата: однопозиционный, двухпозиционный, многопозиционный; проходной, челночный, карусельный; изготавливающий форму целиком или только полуформу и т. п.;

- характеру применяемой модельной оснастки: с жесткоустановленной оснасткой, с быстросменной оснасткой, со скользящей оснасткой и др.;
- схеме транспортного потока: конвейерные линии с заливкой и охлаждением на замкнутом конвейере с жесткой связью (с непрерывным движением или пульсирующим перемещением конвейера) и с роликовым или тележечным перемещением форм (без жесткой связи); с расположением автомата вне или внутри конвейера.

Одна из классификаций автоматических линий опочной формовки приведена на рис. 3.1.

На рис. 3.2 представлены схемы компоновки комплексно-механизированных и автоматических линий различного назначения. Состав и компоновка линий формовки, заливки, выбивки определяются их назначением. Решающее значение имеет характер производства (массовый, серийный, мелкосерийный) и вид отливок, получаемых на линиях (вид сплава, масса и конфигурация отливок, наличие или отсутствие стержней и др.).

Автоматическая линия модели АЛ91265СМ на базе формовочных автоматических блоков (см. рис. 3.2, а) предназначена для изготовления мелких сложных отливок в условиях разнoserийного производства с широкой и часто меняющейся номенклатурой. В зависимости от требуемой производительности на линии может быть установлено различное число независимо работающих формовочных блоков. На каждом формовочном блоке с проходными автоматами форма изготавливается целиком. Такая компоновка линии позволяет изготавливать формы на блоках независимо друг от друга, отлаживать технологический процесс на одном из автоматов и производить ремонт и обслуживание одного блока без остановки другого. Для повышения технологических возможностей на автоматах предусмотрены двойная засыпка смеси (облицовочной, обеспечивающей высокое качество поверхности, и более дешевой наполнительной) и верхняя вытяжка модели, которая позволяет изготавливать формы с высокими болванами.

На автоматах линии модели АЛ91265СМ предусмотрена верхняя протяжка моделей.

Автоматическая линия модели АЛ92265 (см. рис. 3.2, б) аналогична линии модели АЛ91265СМ и отличается от нее системой возврата опок, которые передаются непосредственно с литейного конвейера, а не с помощью дополнительной транспортной ветви.

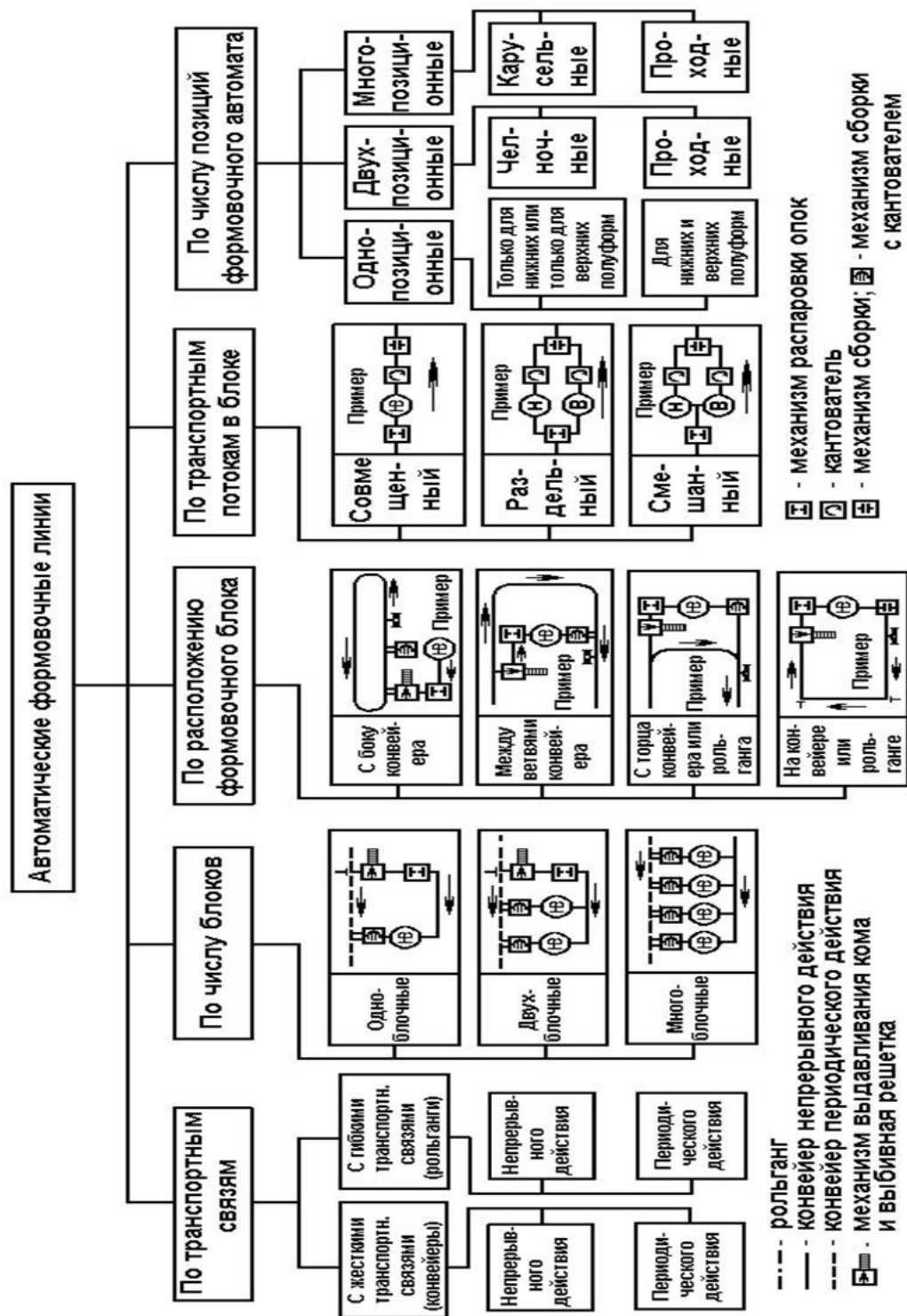


Рис. 3.1. Классификация автоматических линий опочной формовки

На рис. 3.2, в представлена комплексная автоматическая линия модели АЛ22914 для получения мелких отливок в условиях массового производства на базе двух челночных автоматов, отдельно изготавливающих нижнюю и верхнюю полуформы. Производительность линии составляет около 200 форм в час. Крайне редкая смена оснастки на линиях для массового производства допускает тщательную отладку при нижней вытяжке без поворота полуформы, что, в свою очередь, дает возможность повысить производительность формовочного автомата.

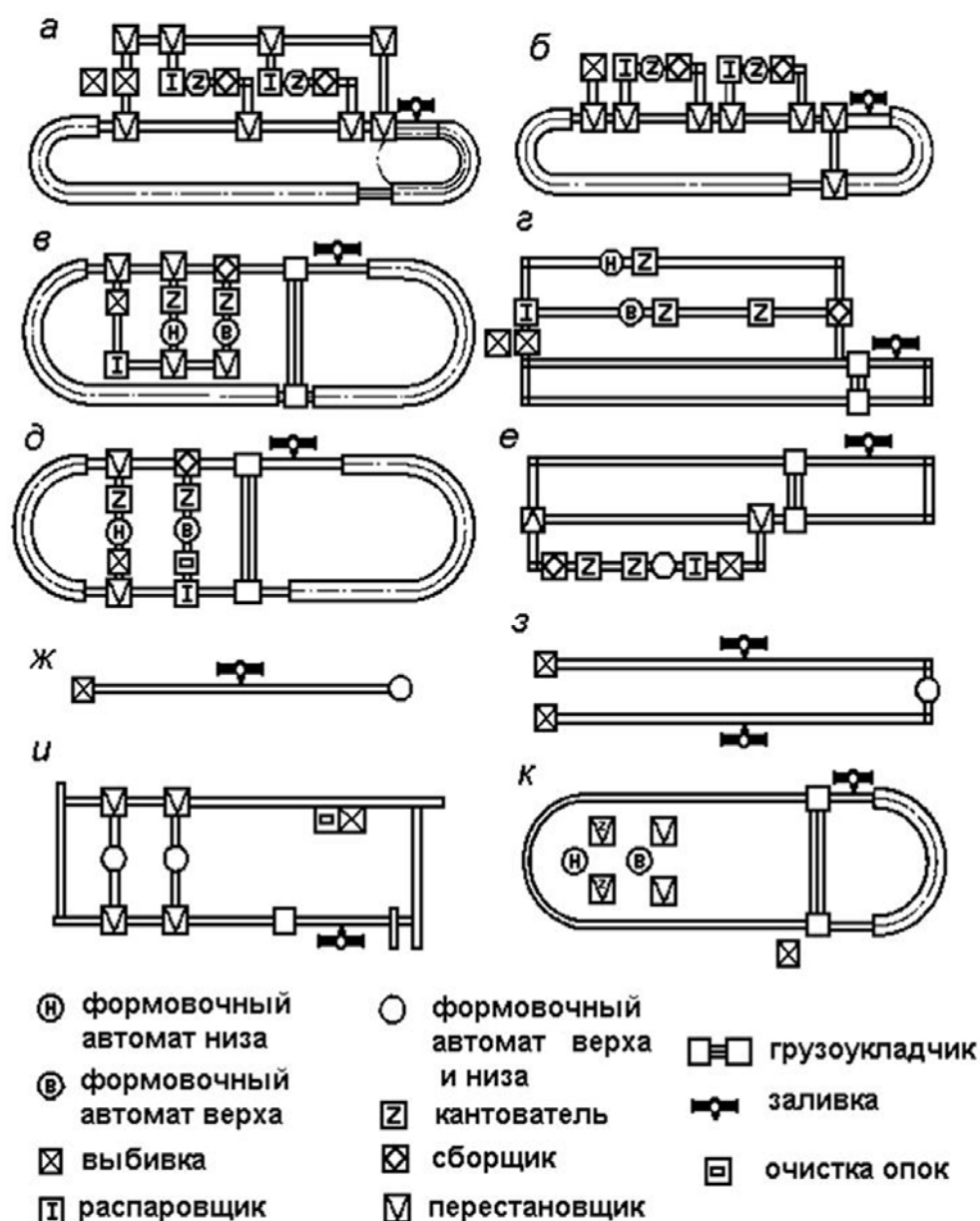


Рис. 3.2. Схемы компоновки комплексных автоматических и механизированных линий формовки, заливки, выбивки

Линии, показанные на рис. 3.2, *а–в*, работают на базе встряхивающе-прессовых автоматов. На первых двух линиях установлен обычный литейный тележечный конвейер непрерывного действия, на линии модели АЛ22914 – конвейер с пульсирующим перемещением.

Комплексная автоматическая линия по типу модели ИЛ-225 (см. рис. 3.2, *г*) предназначена для изготовления мелких отливок сравнительно простой конфигурации в условиях массового производства на базе двух прессовых автоматов. Производительность линии – 180 форм в час. Опoki и формы транспортируются приводными роликовыми конвейерами. Линию выпускают также с усовершенствованным автоматом, на котором предусмотрено прессование дифференцированными колодками, что повышает технологические возможности линии.

Комплексная автоматическая линия модели Л450 для массового производства автомобильных и тракторных отливок на базе двух проходных встряхивающе-прессовых автоматов с отдельным изготовлением верхней и нижней полуформ представлена на рис. 3.2, *д*. На линии установлен литейный конвейер с пульсирующим перемещением.

Комплексная механизированная линия по типу модели Л651 для получения средних отливок в условиях крупносерийного и серийного производства на базе встряхивающе-прессовых проходных формовочных установок показана на рис. 3.2, *е*.

Для изготовления мелких отливок все чаще применяют автоматические линии безопочной формовки. Ввиду отсутствия дорогостоящей опочной оснастки, уплотнения выбивки и системы транспортирования эти линии требуют меньше капиталовложений и дешевле в эксплуатации.

Линия безопочной формовки с вертикальным разъемом форм модели КЛ2002 (см. рис. 3.2, *ж*) позволяет получить до 300–360 форм в час. Дальнейшее увеличение производительности ограничивается возможностями заливки. Для повышения производительности заливку ведут на двух потоках (см. рис. 3.2, *з*). Еще более высокая производительность может быть достигнута при укладке форм в вертикальные стопки. Линия модели КЛ1012 (см. рис. 3.2, *и*) такого типа позволяет достигнуть производительности 600 форм в час.

Внедрение автоматизации в мелких литейных цехах при их реконструкции иногда затруднительно вследствие ограниченности площадей. В таких случаях положительный результат дает внедрение автоматических линий на основе формовочных машин и манипуляторов (см. рис. 3.2, *к*).

Приведенные схемы не исчерпывают все типы линий, применяемых в литейных цехах. Так, в линиях, показанных на рис. 3.2, *a–г*, могут быть применены карусельные автоматы. Карусельный автомат позволяет без смены моделей изготавливать одновременно различные формы (четырехпозиционный – две, шестипозиционный – три).

В условиях мелкосерийного многономенклатурного производства наибольший эффект дает применение механизированных поточных линий. В таких линиях верх и низ формы изготавливаются отдельно, имеются участки отделки и сборки форм.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите классификацию, компоновку и состав автоматических и механизированных формовочных линий.
2. Охарактеризуйте принцип классификации формовочных линий по виду транспортных связей.
3. Как классифицируют формовочные линии по числу и расположению формовочных блоков?
4. Приведите классификацию формовочных линий по числу позиций формовочных автоматов.

Глава 11. ТИПОВОЙ ЛИТЕЙНЫЙ КОНВЕЙЕР

Типовой напольный горизонтально замкнутый конвейер имеет следующие участки:

1) *формовочный*, вдоль которого установлены формовочные машины. Длина этого участка конвейера в зависимости от планировки составляет 30–60 м и более;

2) *заливочный*, на котором формы заливают металлом. Длина этого участка обычно составляет 10–15 м, иногда до 40 м;

3) *охлаждающий*, на котором залитые в формах отливки охлаждаются. Этот участок перекрывается кожухом из листовой стали с трубами для отсоса выделяющихся из форм газов. Длина охлаждающего участка зависит от технологически необходимой продолжительности охлаждения залитых форм; часто она берется равной сумме длин формовочного и заливочного участков, а иногда бывает и значительно больше;

4) *выбивной*, длина которого обычно составляет 10–15 м.

Общая длина конвейера, как правило, колеблется в пределах 80–100 м, но может быть и больше.

Ходовую часть литейных конвейеров делают с платформами, имеющими плоские плиты или же секции рольганга, позволяющие переталкивать на них на ходу собранные формы со стационарных сборочных рольгангов у формовочных машин. Такая конструкция показана на рис. 3.3.

Каждая платформа конвейера опирается на две тележки, прикрепленные к тяговой цепи. Тележки одноосные и имеют ходовые катки на роликовых подшипниках. Катки сделаны без реборд, чтобы уменьшить сопротивление на криволинейных участках пути. Чтобы тележки не сходили с рельсов, тяговая цепь снабжена в шарнирах опорными роликами, которые направляются по трассе специальными шинами. Опорные ролики также имеют роликовые подшипники. Для огибания цепью закруглений плиты платформы на тележках укреплены не жестко, а на шкворнях, позволяющих тележкам поворачиваться. Для предотвращения попадания жидкого металла при заливке форм на тяговую цепь промежутки между платформами конвейера защищены перекрывающими одна другую пластинами.

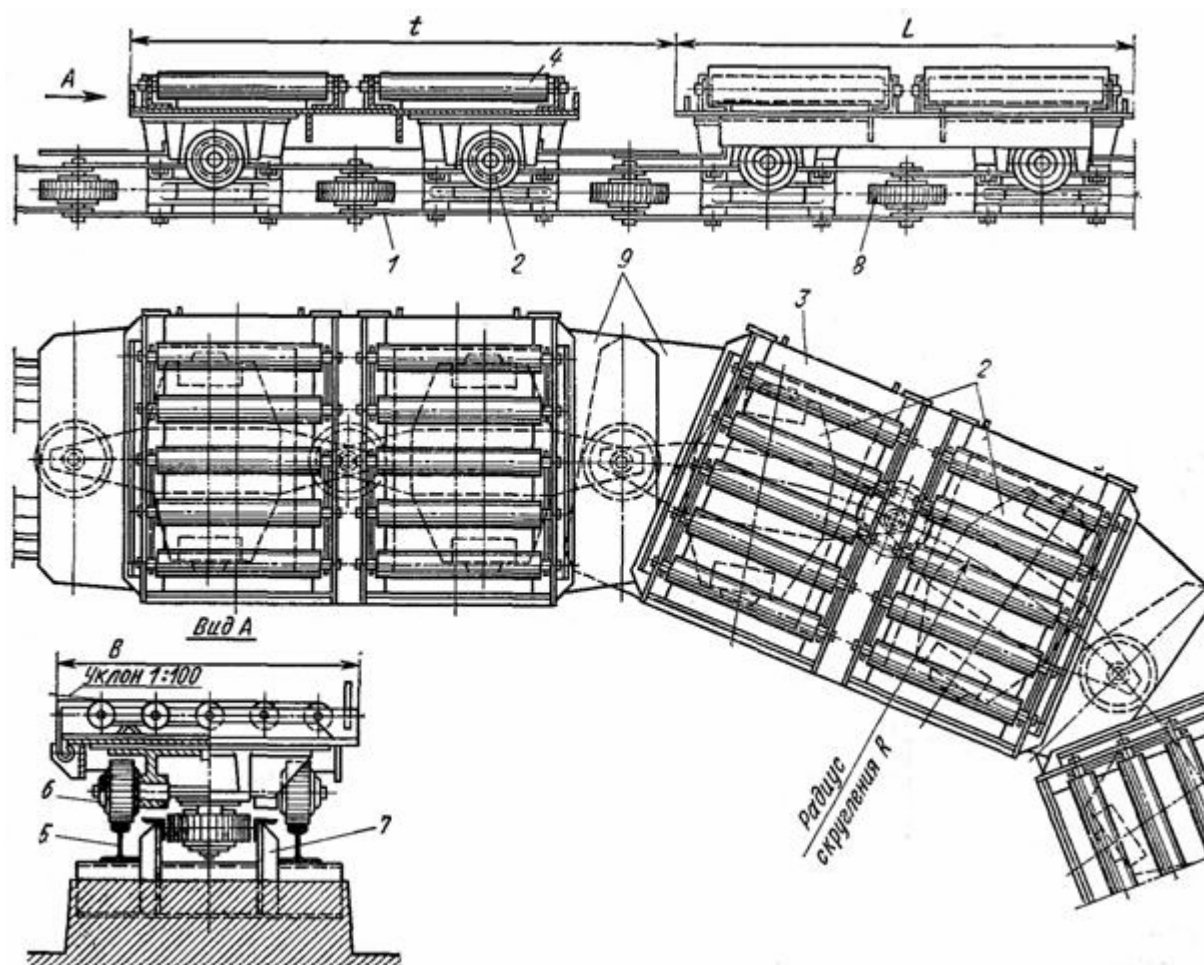


Рис. 3.3. Ходовая часть литейного конвейера:

1 – тяговая цепь; 2 – тележка; 3 – платформа; 4 – секция рольганга; 5 – рельс;
 6 – ходовые катки тележки; 7 – направляющая шина; 8 – опорные ролики тяговой цепи;
 9 – защитные пластины; t – шаг платформы; L – длина платформы;
 B – ширина платформы

Приводную станцию конвейера (рис. 3.4) располагают на прямом участке трассы конвейера и монтируют в приямке. Сверху приямок перекрывают металлическим настилом. Механизм привода представляет собой вертикально замкнутую гусеничную цепь с кулаками, упирающимися в ролики тяговой цепи конвейера и таким образом сообщаями ему движение. Предел изменения скоростей привода составляет 4 : 1.

Обычно заливочный участок оборудуют специальной заливочной площадкой, движущейся параллельно платформам конвейера с той же скоростью. Заливочную площадку выполняют в виде вертикально замкнутого металлического пластинчатого конвейера.

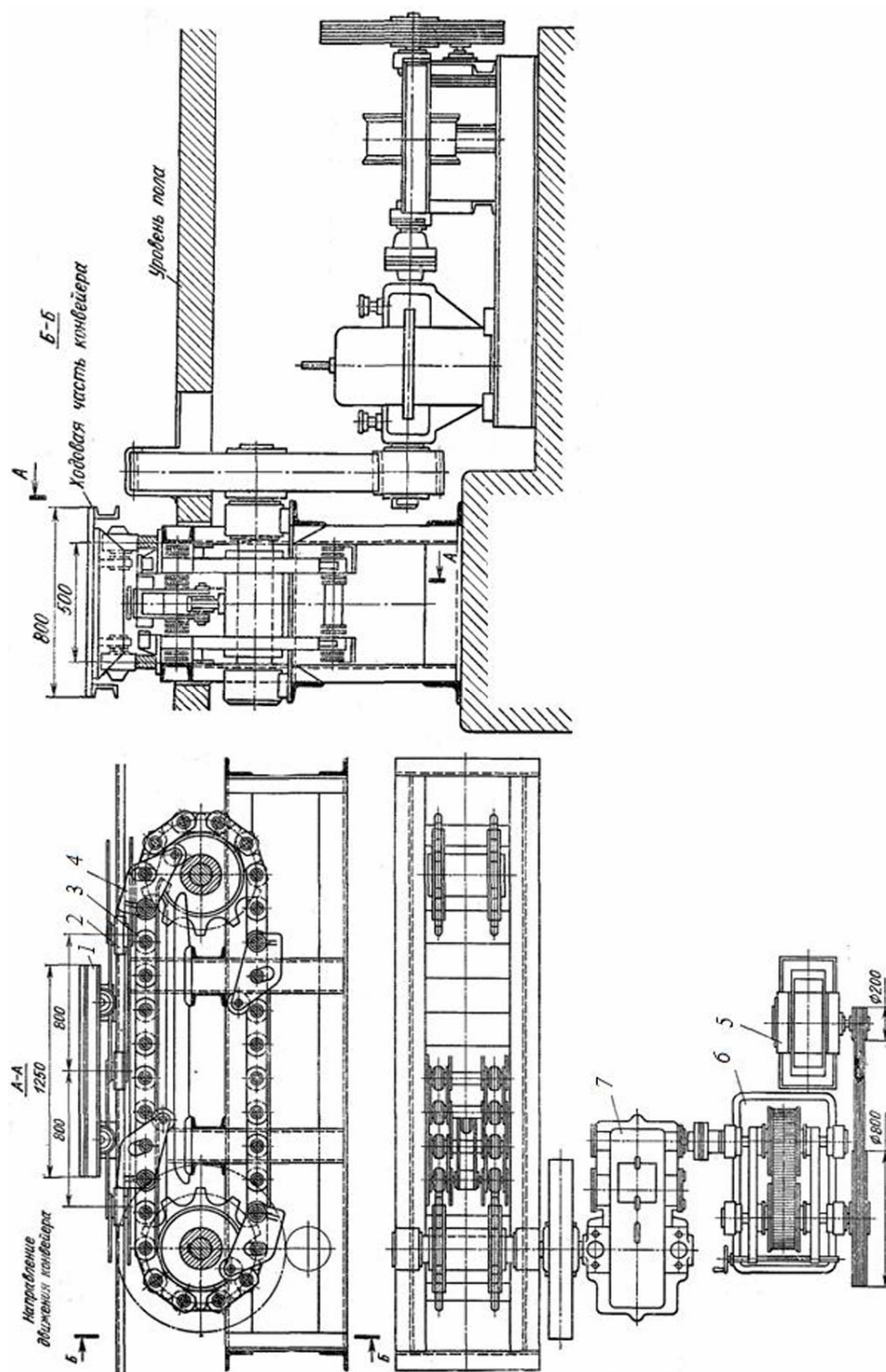


Рис. 3.4. Гусеничный привод тележного литейного конвейера:

1 – платформа конвейера; 2 – ролики тяговой цепи; 3 – приводная цепь; 4 – кулаки приводной цепи; 5 – электродвигатель; 6 – бесступенчатый вариатор скоростей; 7 – редуктор

Иногда целесообразно применять литейные конвейеры,двигающиеся не непрерывно, а периодически в определенном ритме. При таком пульсирующем конвейере упрощаются устройства, механизмирующие или автоматизирующие работы, выполняемые непосредственно на нем, такие как сборка литейных форм на платформах конвейера и заливка форм. В ряде случаев можно применять шагающие конвейеры, которые имеют, однако, прямолинейную трассу, и поэтому для получения замкнутого потока нужно, чтобы их было минимум два с промежуточными перегрузками изделий. Используют также специальные горизонтально замкнутые пульсирующие конвейеры, имеющие особый привод, который каждый раз передвигает всю замкнутую цепь платформ на заданный шаг.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите классификацию типовых литейных конвейеров.
2. Охарактеризуйте участки литейного конвейера.
3. Какие типы ходовых частей литейных конвейеров вы знаете?
4. Приведите типы механизмов привода литейных конвейеров.

Глава 12. ЛИТЕЙНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТИПА

На рис. 3.5 показана схема привода пульсирующего горизонтально замкнутого литейного конвейера. Тяговая цепь конвейера специальной конструкции имеет между каждыми двумя нормальными звеньями *1* специальные звенья *2*. Специальное звено имеет два выступа *3* с расстоянием между ними, равным шагу *t* пульсирующего передвижного конвейера.

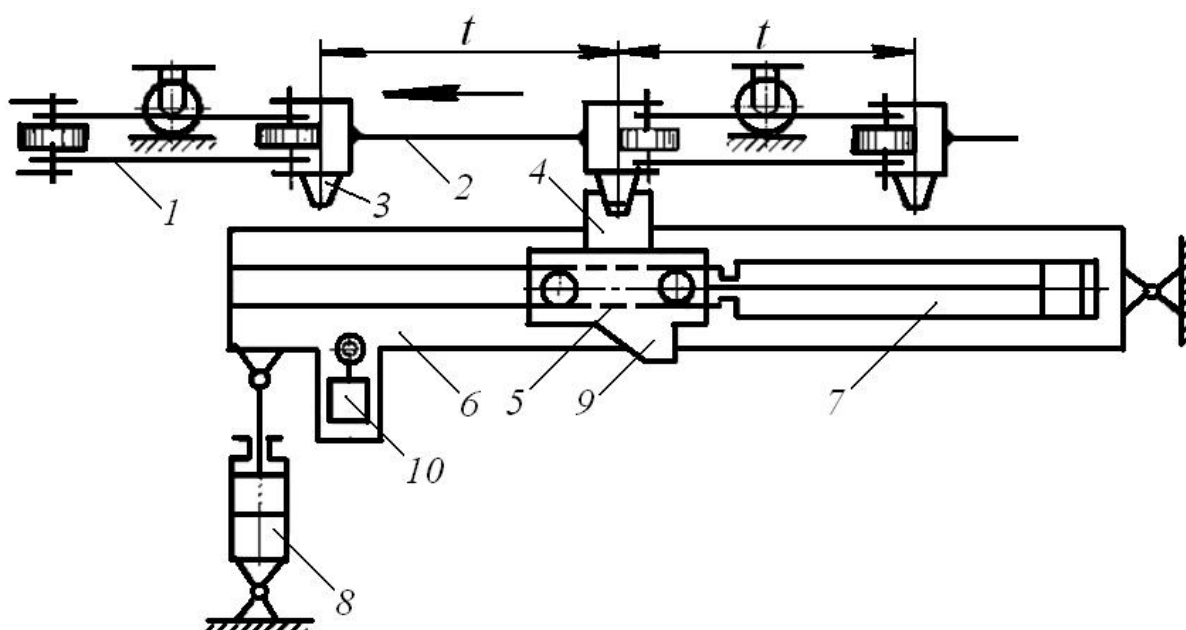


Рис. 3.5. Схема привода пульсирующего горизонтально замкнутого литейного конвейера

Передвижение осуществляется с помощью толкающего гидроцилиндра *7*,двигающего по раме *6* тележку *5*, обойма *4* которой ведет тяговую цепь конвейера за очередной выступ ее специального звена. Перед ходом толкания вся рама *6* приподнимается подъемным гидроцилиндром *8*, для того чтобы выступ звена цепи вошел в гнездо обоймы тележки. Точная остановка в конце хода толкания осуществляется с помощью кулачка *9*, укрепленного на тележке и запирающего масло в толкающем гидроцилиндре нажимом на ролик дросселя *10*.

Подобного рода толкающий гидропривод может быть сделан при наличии тяговой цепи обычной конструкции (например, для переделки горизонтально замкнутого литейного конвейера с непрерывным движением в пульсирующий).

Кроме горизонтально замкнутых литейных конвейеров на практике применяют литейные конвейеры других типов: вертикально замкнутые, подвесные и др.

Рассмотрим схему и принцип действия конвейера пульсирующего типа – *вертикально замкнутого шагающего конвейера*. Он состоит из верхней ветви 2, расположенной на перекрытии 8 второго этажа, и нижней ветви 6 (рис. 3.6). По этим ветвям перемещаются формы 3 и опоки. Передача опок или форм с верхнего этажа на нижний и наоборот осуществляется двумя вертикальными гидравлическими подъемниками 4 и 7 на каретках 1 и 5.

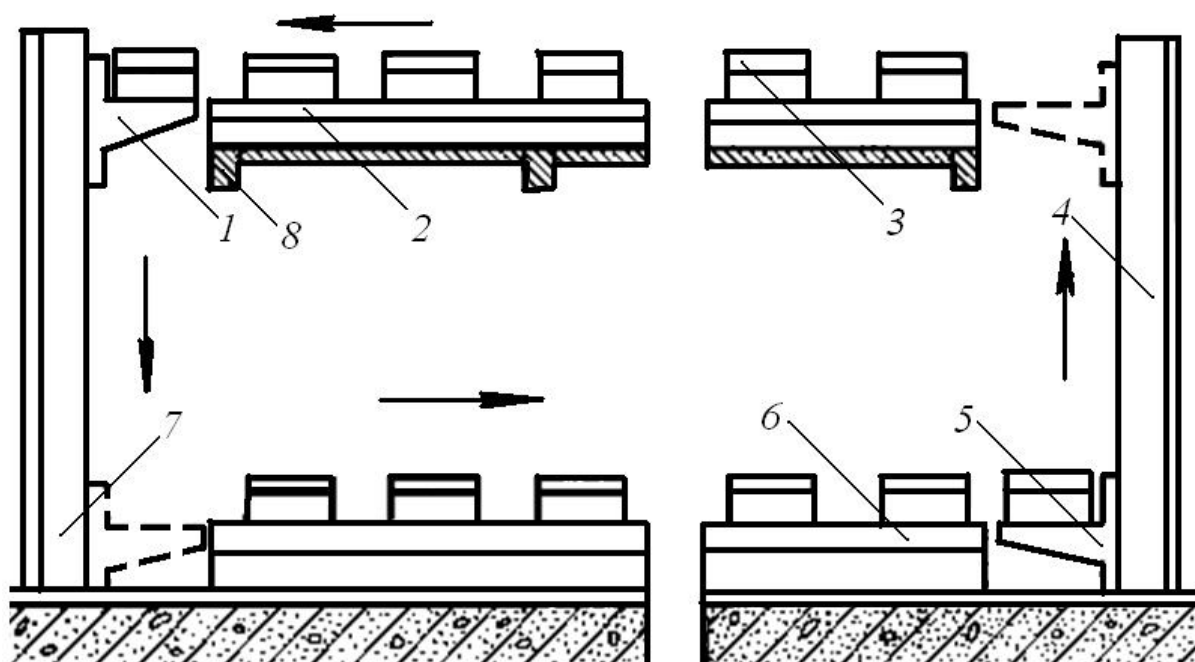


Рис. 3.6. Схема шагающего вертикально замкнутого литейного конвейера

Конвейер состоит из неподвижной металлоконструкции 3 и подвижной внутренней рамы 4 (рис. 3.7). Подвижная рама покоится на роликах 6 гидравлических домкратов 5, размещенных по длине конвейера с шагом, равным шагу конвейера. Формы 1 находятся на поддонах 2, которые опираются на металлоконструкцию 3. Для направления рамы 4 при ее движении служат направляющие ролики 7, установленные на металлоконструкции 3.

Передвижение форм 1 начинается с подъема подвижной рамы на высоту, на 5–10 мм большую, чем зазор h по всей длине конвейера. Затем с помощью гидравлического толкателя (на схеме не показан) подвижная рама 4 вместе с поддонами и формами передвигается на один шаг конвейера по роликам 6. После этого рама опускается и, возвращаясь на один шаг,

занимает исходное положение. Для выполнения следующего шага движения повторяются.

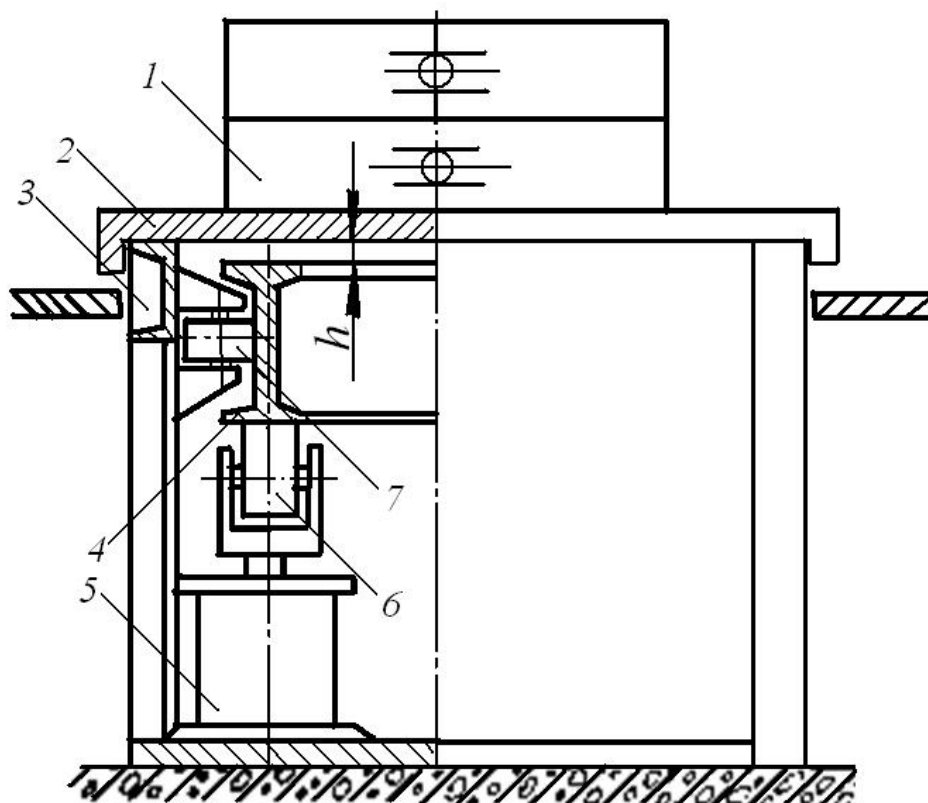


Рис. 3.7. Схема шагающего конвейера (поперечный разрез)

Гидропривод шагающего конвейера обеспечивает замедленный ход в начале и конце движения и быстрый возврат подвижной рамы в исходное положение.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите схему пульсирующего горизонтально замкнутого литейного конвейера.
2. Каков принцип передвижения на пульсирующем горизонтально замкнутом литейном конвейере?
3. Приведите схему пульсирующего вертикально замкнутого литейного конвейера.
4. Приведите схему и охарактеризуйте принцип действия шагающего вертикально замкнутого литейного конвейера.

Глава 13. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Автоматическая или автоматизированная линия представляет собой поточную линию, в которой все операции или подавляющее их большинство выполняются автоматически, без участия человека. На автоматических литейных линиях обычно автоматизируются все операции получения отливок, за исключением простановки стержней и заливки форм, хотя имеются линии, где и эти операции выполняются автоматически. Литейные автоматические линии получения отливок в разовых опочных формах делают замкнутыми в силу необходимости возвращения пустых опок от выбивки к формовочным автоматам. Автоматическая литейная линия может быть и незамкнутой (например, для изготовления отливок в безопочных формах).

Рассмотрим примеры современных автоматических литейных линий.

На рис. 3.8 показана схема планировки *автоматической литейной линии чугунолитейного цеха Волжского автомобильного завода*.

Техническая характеристика линии: размеры опок $800 \times 700 \times 260/260$ мм; цикловая производительность 270 форм в час; конвейер тележечный с непрерывным движением, шаг тележек 1371 мм, число тележек 234, скорость 6,1 м/мин.

Габаритные размеры линии позволяют разместить ее в пролете 18 м. Конвейер линии осуществляет непрерывное движение. Для увеличения времени охлаждения отливок в формах на конвейере делается дополнительная петля, выполненная так, что трасса ее идет на двух уровнях, расположенных один над другим.

Значительное расстояние между поперечными потоками изготовления полуформ (24 м) обеспечивает достаточное время для простановки стержней, которая производится операторами вручную с пола в нижние полуформы, движущиеся на литейном конвейере.

Большая длина заливочного участка (33 м) позволяет иметь в распоряжении заливщика технологически необходимое время для получения любых отливок. Заливка форм на линии производится заливщиками с неподвижной площадки из ковша емкостью 1 т. Формы подаются на заливочный участок автопогрузчиками, и во время заливки заливщик перемещает их с помощью электроталей по замкнутому подвесному монорельсу.

Выбивка верхней и нижней полуформ раздельная, что ускоряет охлаждение отливок, оставшихся в нижней полуформе после снятия с нее верх-

ней. Выбивка как верхней, так и нижней полуформы производится путем прошивки (выдавливания) ее содержимого прессом сверху на находящуюся внизу выбивную решетку.

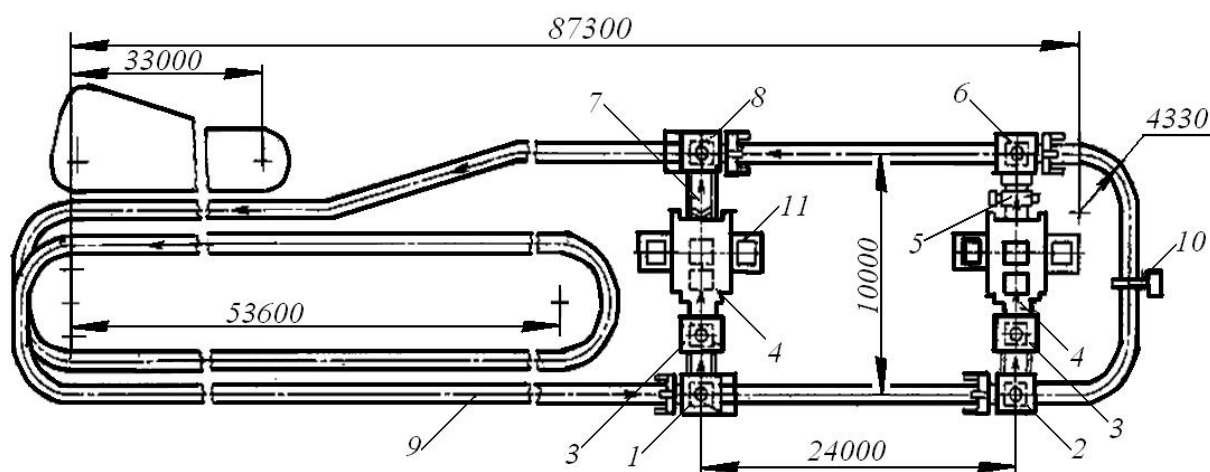


Рис. 3.8. Схема планировки автоматической линии для среднего литья:
 1 – механизм съема верхней полуформы с конвейера (распаровщик); 2 – механизм съема нижней полуформы (с отливками) с конвейера; 3 – механизм прошивки и очистки опоки от смеси; 4 – формовочные автоматы верхней и нижней полуформ; 5 – кантователь для нижних полуформ; 6 – механизм установки нижней полуформы на литейный конвейер; 7 – приводной роликовый конвейер; 8 – механизм спаривания полуформ (сборщик); 9 – литейный тележечный конвейер с непрерывным движением; 10 – щетка для очистки платформ конвейера; 11 – тележки для смены модельных плит

Внутри замкнутой трассы литейного конвейера линия имеет два поперечных потока, на которых производится формовка верхних и нижних полуформ. Формовочные автоматы представляют собой однопозиционные машины с уплотнением форм одновременным встряхиванием и прессованием под высоким давлением с помощью многоплунжерной головки.

Верхняя (без отливок) и нижняя (с отливками) полуформы, снятые с платформы конвейера, поступают по приводным роликовым конвейерам на прессы для прошивки (выдавливания содержимого формы из опоки) и одновременной очистки внутренней поверхности опоки от остатков формовочной смеси щетками. Опоки не имеют крестовин, что облегчает их выбивку методом выдавливания. Выдавленная набивка и отливки из нижней полуформы падают на выбивные решетки, а пустые опоки поступают на формовочные автоматы, перед входом на которые они на вибростолах окончательно очищаются от остатков смеси.

Перед подачей на формовочный автомат нижняя опока после выбивки не кантуется, так как она может быть поставлена на модельную плиту

любой стороной. Для этого она имеет двойной комплект центрирующих втулок со стороны как верхнего, так и нижнего лада, а именно по две пары втулок с каждой стороны: одну пару для центрирования относительно верхней опоки, которая имеет штыри, другую пару для центрирования относительно модельной плиты. Верхняя опока имеет один рабочий лад, пару штырей со стороны лада (для центрирования с нижней опокой) и пару втулок (для посадки на модельную плиту). Полуформы транспортируются по приводным рольгангам без подопочных щитков. Формы перед заливкой не нагружают, так как опоки имеют достаточный вес.

На рис. 3.9 приведена планировка *автоматической линии НИИТракторосельхозмаши*. Линия выпускает стальные отливки массой 200–600 кг для тракторов К-700.

Техническая характеристика линии: размеры опок 1600×1000×600/600 мм, опоки без крестовин; масса одной опоки 2500 кг; масса подопочной плиты 200 кг; цикловая производительность 40 форм в час.

Трасса линии состоит из трех продольных ветвей, соединенных по концам двумя поперечными. На двух основных продольных ветвях производится формовка верхней и нижней полуформ, третья продольная ветвь занята под заливку и охлаждение форм. Одна торцовая ветвь служит для сборки форм, а другая для их выбивки.

Транспорт линии состоит из приводных роликовых конвейеров-накопителей (рольгангов-накопителей), выполненных в виде секций длиной 5–6 м. Роликовые конвейеры имеют ролики диаметром 300 мм, размещенные с шагом 750 мм, каждый из которых приводится в движение от общего цепного привода секции через фрикционную муфту. Поэтому при остановке (у жесткого упора) перемещаемых опок ролики под остановившейся опокой не вращаются и не изнашивают опоки; в это время пробуксовывают фрикционные муфты роликов.

Роликовые конвейеры имеют запас скоростей движения против технологически необходимой средней скорости потока. Последняя составляет 1,35 м/с, а конвейер может развивать скорость перемещения грузов до 6 м/с. Это свойство роликовых конвейеров данной системы позволяет весь транспортный задел, находящийся на секции конвейера, сосредоточивать непосредственно перед очередным агрегатом линии, что способствует ликвидации последствий кратковременных простоев агрегатов.

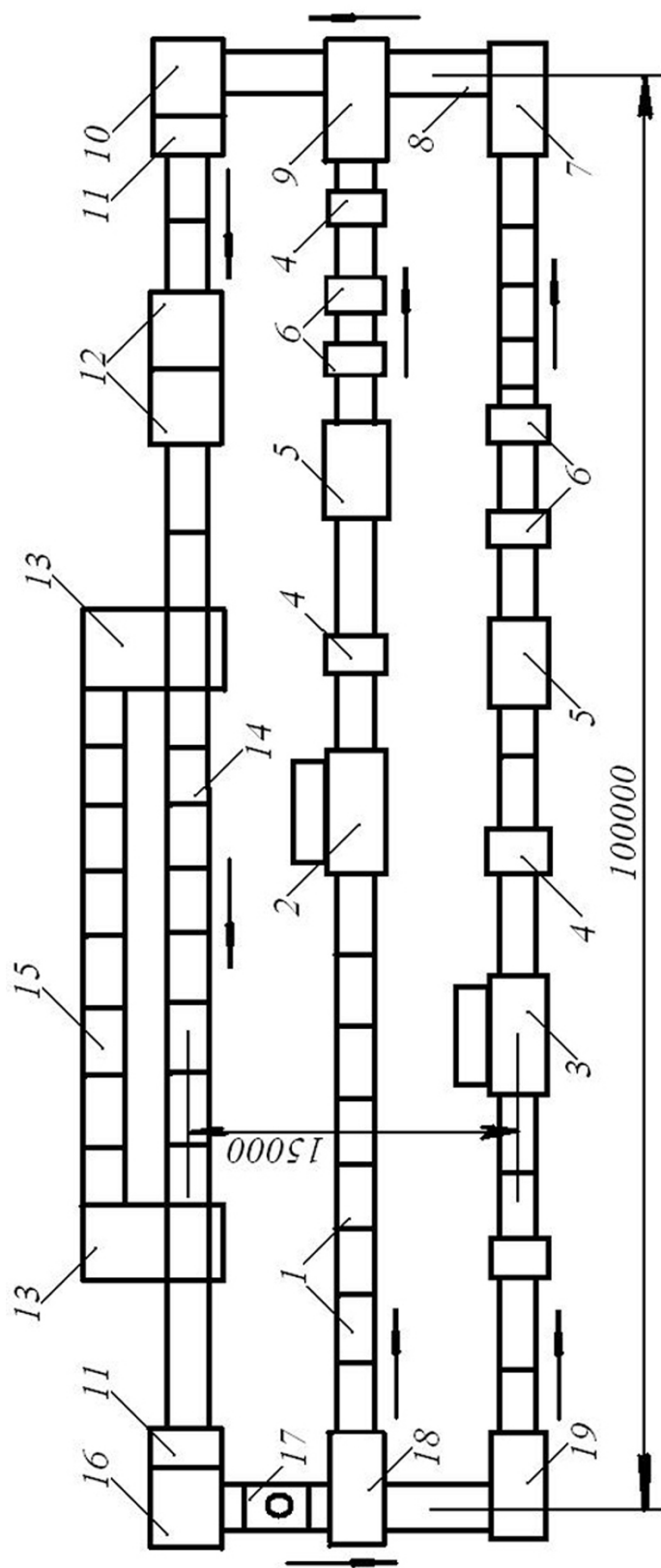


Рис. 3.9. Схема планировки автоматической литейной линии для стальных отливок:

1 – секция приводного роликового конвейера; 2 – формовочный автомат верхних полуформ; 3 – формовочный автомат нижних полуформ; 4 – кантователи; 5 – сушильные камеры; 6 – окрасочные камеры; 7 – перекладчик нижних полуформ; 8 – участок простановки стержней; 9 – спариватель (сборщик форм); 10 – перекладчик собранных форм на заливку; 11 – подъемные секции двухъярусного роликового конвейера заливки и охлаждения; 12 – заливочная станция; 13 – трансбордеры; 14 – основной роликовый конвейер охлаждения форм; 15 – дополнительный роликовый конвейер охлаждения; 16 – перекладчик форм на выбивку; 17 – пресс для выбивки форм прошивкой; 18 – распаровщик; 19 – перекладчик нижних опок на формовку

Формовка как нижних, так и верхних полуформ производится на этой линии на прессовых автоматах с применением давления прессования около 4 МПа с помощью многоплунжерных головок. Давление масла в цилиндрах головок 10 МПа. Полное усилие пресса составляет 600 МН. Автоматы многопозиционные, проходные, с компоновкой по схеме с плавающей, или скользящей, модельной оснасткой (рис. 3.10).

Модельная плита после протяжки заформованной на позиции 3 полуформы возвращается по системе приводных роликовых конвейеров (позиция 4) обратно на позицию 1, где на нее устанавливается на штыри одновременно поступившая сюда очередная пустая опока. На позиции 1 опока заполняется формовочной смесью. На позиции 2, куда модельная плита с опокой передвигается при очередном перемещении всего потока опок и полуформ, производится прессование, и далее на позиции 3 происходит вытяжка модели путем опускания модельной плиты вниз, на уровень возвратного роликового конвейера позиции 4.

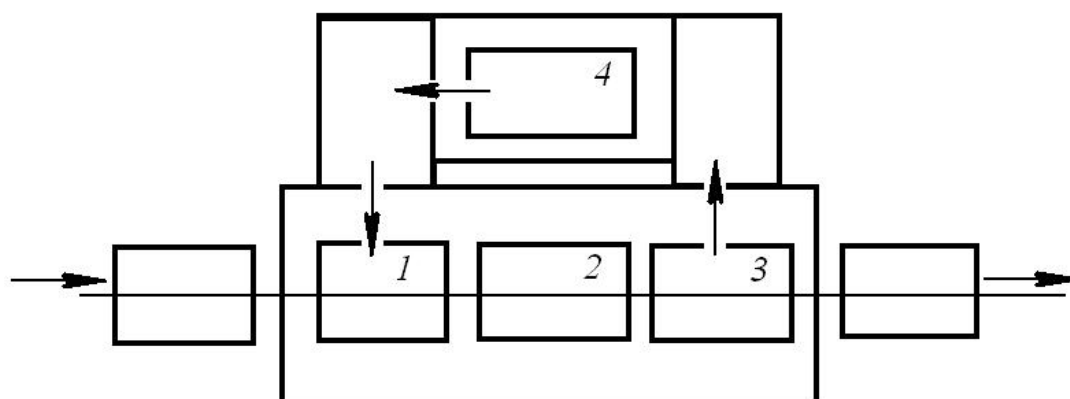


Рис. 3.10. Принцип компоновки формовочных автоматов линии:

1 – позиция установки (на штыри) опоки на модельную плиту и засыпки ее формовочной смесью; 2 – позиция прессования; 3 – позиция протяжки; 4 – позиция возврата модельных плит

После формовки на прессовых автоматах полуформы кантуются, и затем с их тыльной стороны (с контрлада) срезается напуск смеси; это производится на ходу, при перемещении полуформ по конвейеру со скоростью 3 м/мин. Напуск срезается ножевым барабаном (фрезой) диаметром 350 мм при частоте вращения 360 об/мин. После этого полуформы проходят камеры поверхностной подсушки и окраски и передаются на поперечную ветвь линии для спаривания (верхняя полуформа перед этим еще раз кантуется).

Спаренная форма с помощью переключника передается далее для заливки и охлаждения на обратную продольную нитку линии, где она устанавливается на подпочную плиту. Эта обратная нитка линии представляет собой двухъярусный конвейер, по верхнему ярусу которого идут залитые формы на выбивку, а по нижнему ярусу возвращаются назад (к переключнику на заливку) освободившиеся подпочные плиты.

Заливочный стенд линии имеет дистанционное полуавтоматическое управление разливочными ковшами. Заливаемая форма нагружается на этом стенде плитой, которая прижимается сверху к ней штоками усилием 5 МН. При продвижении потока залитых форм напрямую к переключнику на выбивку продолжительность охлаждения составляет 1 ч. При необходимости более длительного охлаждения формы могут перекладываться трансбордерной тележкой на дополнительную нитку конвейера, параллельную основной нитке охлаждения. В этом случае продолжительность охлаждения от заливки до выбивки составляет 1,5 ч. Формы выбиваются на другой торцевой нитке линии с помощью пневматического пресса усилием 50 МН методом выдавливания.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите схему автоматизированной литейной линии.
2. Какие типы автоматических литейных линий используются на производстве?
3. Приведите схему планировки автоматической литейной линии.
4. Назовите типы привода автоматической литейной линии.
5. Охарактеризуйте принцип компоновки формовочных автоматов на автоматической литейной линии.

Глава 14. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СТЕРЖНЕВЫЕ ЛИНИИ

14.1. Классификация стержневых автоматических линий

Линии для производства стержней характеризуются большим разнообразием схем и состава оборудования ввиду широкой номенклатуры изготавливаемых на них стержней по форме и размерам, разнообразия технологических процессов получения стержней и различного характера производства (массовое, серийное, единичное).

Стержневые линии можно классифицировать по следующим признакам:

- технологическому процессу;
- типу и конструкции стержнеобразующего агрегата;
- составу и схеме взаимного расположения агрегатов линии.

Для изготовления стержней на автоматизированных линиях применяют следующие технологические процессы:

- 1) пескодувное наполнение стержневого ящика с последующими тепловой сушкой или химическим твердением в нагреваемом или ненагреваемом ящике (в зависимости от вида смеси);
- 2) наполнение ящика сыпучей смесью холодного твердения с помощью шнекового смесителя и уплотнение смеси на вибрационном столе;
- 3) наполнение ящика жидкоподвижной самотвердеющей смесью на специальной установке;
- 4) наполнение нагретого ящика ЖСС под давлением вихревой головкой.

Существуют отдельные модели линий, в которых в качестве агрегата для изготовления стержней используются встряхивающие машины, пескометы и быстродействующие вихревые смесители.

Тип и конструкция стержнеобразующего агрегата помимо применяемого технологического процесса определяются характером разъема стержневого ящика (вертикальный, горизонтальный, сложный), характером закрепления оснастки (с постоянным ящиком, со сменными ящиками), по расположению позиций (однопозиционные, карусельные, челночные, многопозиционные линейные и др.).

14.2. Стержневые линии на базе пескодувных автоматов

Основные агрегаты, входящие в состав линий: пескодувный автомат *А*, поворотно-вытяжная машина *Б*, передающие механизмы, промежуточные роликовые конвейеры для подготовки стержневых ящиков и подачи заформованных ящиков к поворотно-вытяжной машине, конвейеры выдачи *В* стержней на сушильных плитах или передачи их на цеховой транспорт и приемки сушильных плит (рис. 3.11). При выполнении на линии специальных процессов дополнительно устанавливают необходимое оборудование.

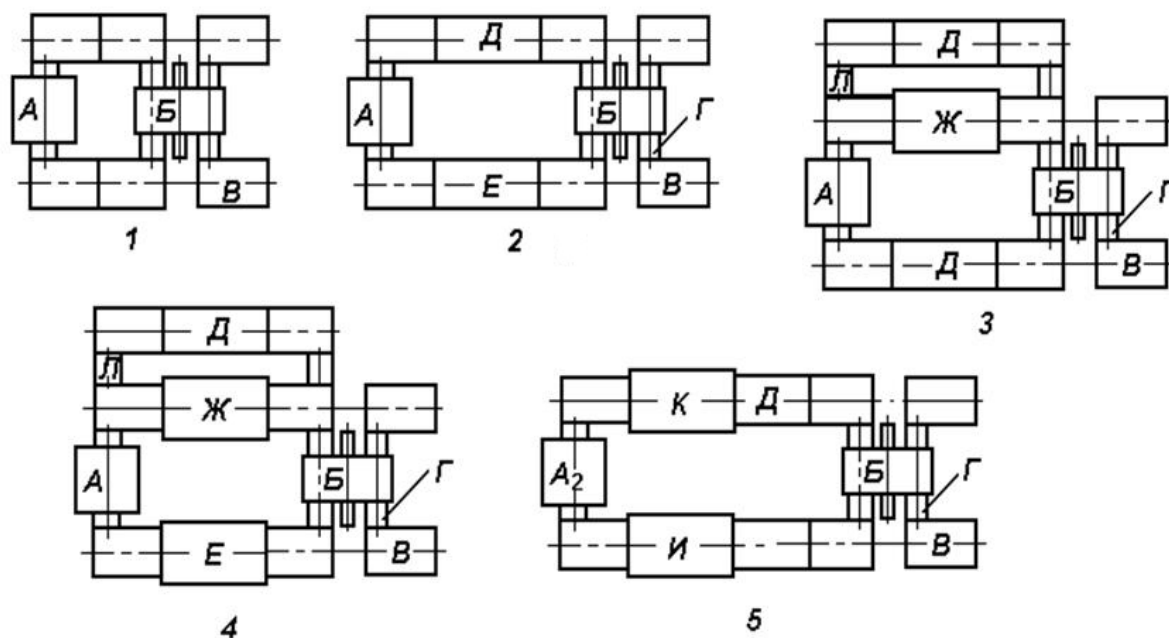


Рис. 3.11. Состав унифицированных автоматических линий для изготовления стержней на базе пескодувных автоматов:

1 – базовая линия; 2 – линия для изготовления стержней в массовом производстве на основе CO_2 -процесса; 3 – линия для изготовления стержней в единичном и мелкосерийном производствах с тепловой сушкой; 4 – линия для изготовления стержней в единичном и мелкосерийном производствах на основе CO_2 -процесса; 5 – линия для изготовления стержней в нагреваемых ящиках при массовом производстве; *А* – пескодувный автомат для изготовления стержней; *А₂* – пескодувный автомат для изготовления стержней в нагреваемых ящиках; *Б* – поворотно-вытяжная машина; *В* – конвейер выдачи; *Г* – досылатель; *Д* – промежуточный конвейер; *Е* – установка для продувки CO_2 ; *Ж* – склад стержневых ящиков; *Л* – промежуточный роликовый конвейер; *И* – печь для нагрева стержневых ящиков; *К* – установка для продувки горячим воздухом

Стержневые линии, применяемые в различных условиях производства, значительно отличаются друг от друга составом и компоновкой. Так, линии 3 и 4, предназначенные для эксплуатации в мелкосерийном производстве, где номенклатура стержней, изготавливаемых на одной машине, даже в течение одной смены достаточно велика, имеют специальный склад стержневых ящиков. На линиях 2 и 4, где принят технологический процесс изготовления стержней из смеси, содержащей в качестве связующих материалов жидкое стекло и твердеющей при продувке углекислым газом, предусмотрены соответствующие установки. На линии 5 для изготовления стержней в нагреваемых ящиках для интенсификации процесса кроме специальной печи для предварительного нагрева стержневого ящика предусмотрена установка для продувки стержня горячим воздухом.

Направление движения стержневых ящиков на линиях 1–4 – против часовой стрелки, на линии 5 – по часовой стрелке.

В качестве средств транспорта на всех линиях применены роликовые конвейеры, которые обеспечивают перемещения оснастки во всех требуемых направлениях с необходимой скоростью и связь линии со средствами цехового транспорта. Для увязки линии со средствами цехового транспорта по высоте на участке передачи стержня на цеховой конвейер предусмотрен роликовый конвейер с подъемным столом.

Пескодувный стержневой автомат выпускается трех типоразмеров для стержней массой 16, 40 и 100 кг. Основные узлы автомата: станина с цилиндром прижима, траверса с механизмом дутья и питатель.

Станина – конструкция коробчатого сечения с укрепленными на ней четырьмя колоннами. Внутри станины установлен гидроцилиндр со столом для подъема и опускания стержневого ящика. На станине закрепляется роликовый конвейер. На колоннах установлен механизм дутья.

Цикл машины: подъем и прижим стержневого ящика к пескодувной головке, надув смеси, опускание ящика и заполнение рабочего резервуара смесью из питателя.

Поворотно-вытяжная стержневая машина, предназначенная для вытяжки стержней из стержневых ящиков и наложения сушильных плит на заформованные ящики, также выпускается трех типоразмеров для использования в линиях для изготовления стержней массой до 16, 40 и 100 кг.

14.3. Примеры линий для изготовления стержней

На рис. 3.12 приведена схема механизированной линии для изготовления стержней из ХТС, используемой на Минском автозаводе. В состав линии входят смеситель непрерывного действия 1, рольганг 2, ленточный транспортер возврата пустых ящиков 3, стержневые ящики 4, ленточный транспортер отверждения 5, кантователь 6, электротельфер 7 и вентиляционный зонт 8.

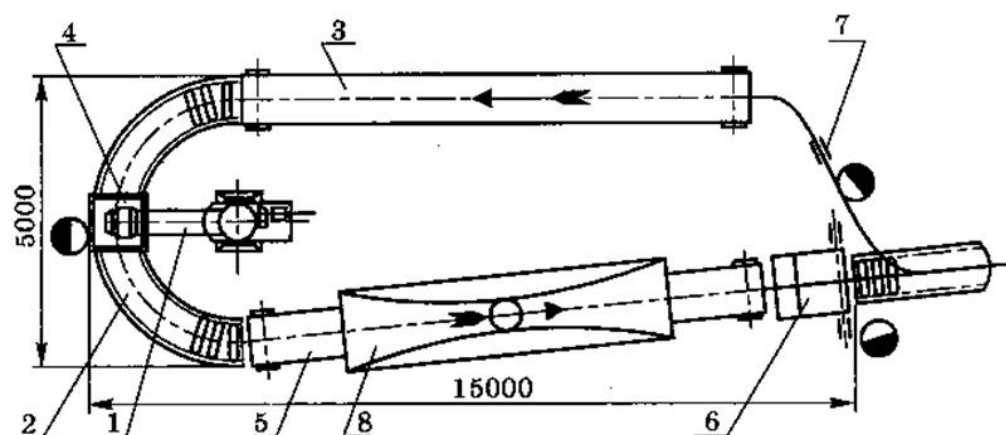


Рис. 3.12. Схема механизированной линии для изготовления стержней из ХТС

Стержни уплотняются в деревянных или полимерных стержневых ящиках. На позиции уплотнения целесообразно применять вибростол. Извлечение стержней из ящиков осуществляется с помощью кантователя 6, после чего электротельфером 7 ящики подаются на транспортер возврата, где производятся их сборка и подготовка к заполнению смесью. Производительность такой линии составляет до 40 стержней в час.

Работа на комплексно-автоматизированной линии (рис. 3.13) в автоматическом режиме осуществляется в такой последовательности. После подготовки стержневого ящика на рольгангах 7 и 4 он перемещается на угловой стол 3, а затем через передаточный рольганг 6 на вибростол 1. На этой позиции в ящик из смесителя 9 поступает стержневая смесь, после уплотнения которой ящик передвигается на следующий угловой стол 3, а оттуда – на рольганг 5 участка отверждения стержней. Время отверждения стержня контролируется специальным реле времени, которое включается после того, как ящик сходит с вибростола 1.

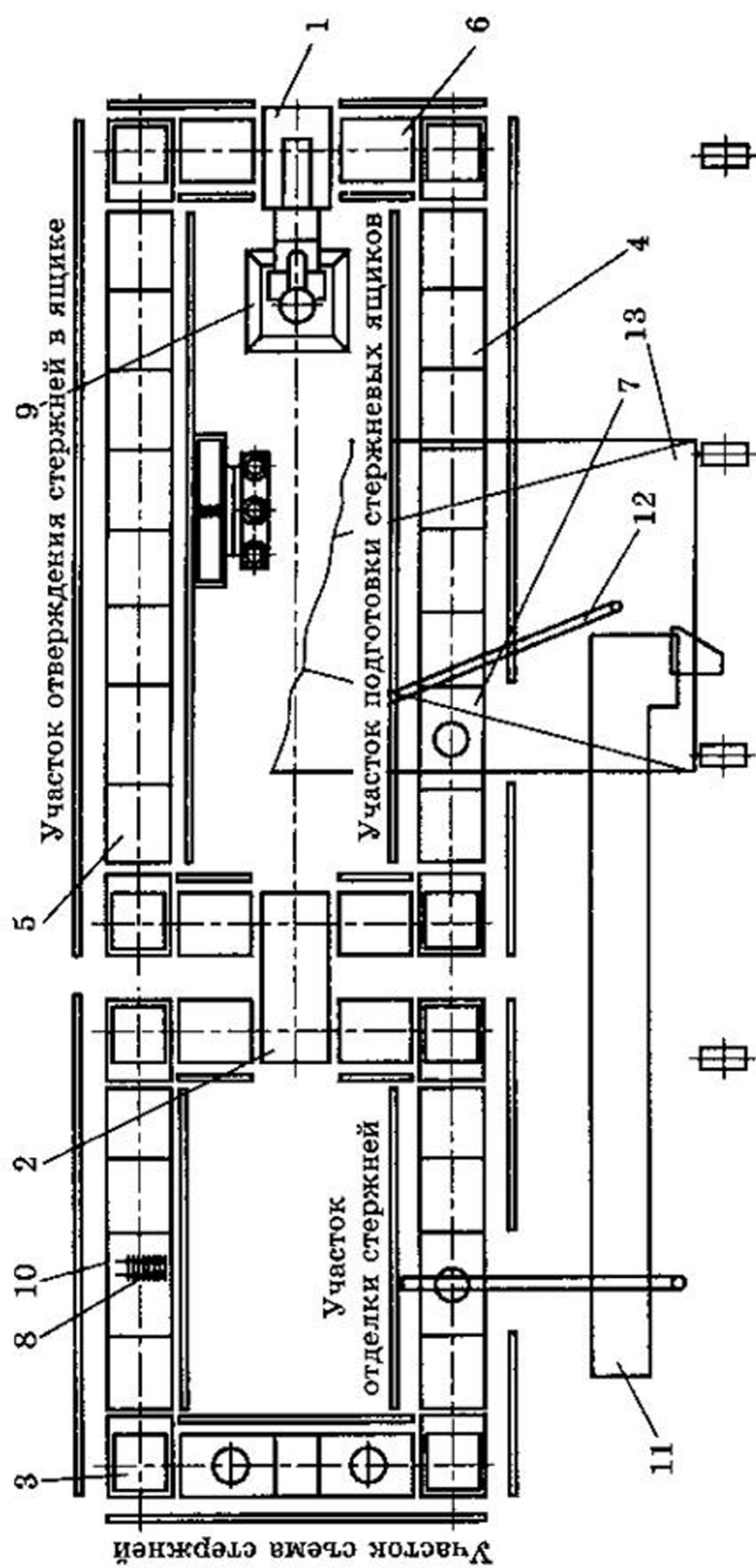


Рис. 3.13. Схема комплексно-автоматизированной линии для изготовления стержней массой до 40, 100, 250 и 600 кг

После окончания отверждения стержня ящик подается на приемный рольганг поворотно-вытяжной машины 2, где производятся накладывание транспортной плиты, кантовка ящика и извлечение стержня. После этого ящик поступает на участок подготовки и дальше на вибростол.

Выйдя из поворотно-вытяжной машины, стержень на плите перемещается к угловому столу и двигается далее по рольгангам участка отделки. Затем плита со стержнем попадает на угловой стол и далее на участок, где производятся съем стержней с плит, передача их на участок окраски и комплектации.

Со столов поворота плита проходит на угловой стол, а затем передается на маршевый рольганг, пройдя который попадает на рольганг камеры очистки 10. Пневматические или электрические толкатели этого рольганга проводят плиту под щетками 8 камеры. Очищенная плита попадает на угловой стол поворотно-вытяжной машины и по команде, пройдя над досылателем, входит в поворотно-вытяжную машину, при этом приводные рольганги играют роль накопителей.

Ленточный транспортер 11 служит для передачи отъемных частей с участка отделки стержней на участок подготовки ящиков. Участки комплексной линии для изготовления стержней массой более 40 кг, где готовят стержневые ящики, а также участки съема стержней с линии должны быть оснащены консольно-поворотным краном 12 грузоподъемностью 1 т. Кроме того, линия должна обслуживаться мостовым или подвесным однобалочным краном 13.

Позиции приготовления и засыпки смеси, вытяжки стержней из ящиков и отделки стержней необходимо оборудовать вытяжными панелями. Участок отверждения стержней должен быть закрыт вытяжным кожухом. Приточно-вытяжная вентиляция должна обеспечивать удаление вредных примесей (фенол, формальдегид и др.).

Для изготовления стержней в нагреваемой оснастке в настоящее время выпускается ряд машин. На однопозиционных машинах все операции по изготовлению стержней (надув, отверждение, разъем ящиков, извлечение стержней) выполняются последовательно на одной позиции. Поэтому время, необходимое для изготовления каждого стержня, складывается из продолжительности выполнения всех операций. В связи с этим для повышения производительности машин их изготавливают многопозиционными.

На рис. 3.14 представлена схема восьмипозиционной автоматической карусельной машины для изготовления стержней в ящиках, нагреваемых в проходной печи 6. На позиции I осуществляется прижим с помощью цилиндра 2 горячего стержневого ящика 1 к пескострельной головке и заполнение его стержневой смесью. Свободная позиция II предусмотрена для переналадок и смены стержневых ящиков. Нагревательная печь располагается на позициях III–VII. На позиции VIII осуществляется раскрытие стержневого ящика, извлечение стержня и выдача его на транспортер или в тару с помощью устройства 3. Стержневые ящики устанавливаются на кронштейны поворотного стола 5, закрепленные на каждой из восьми его позиций. Привод стола осуществляется поворотным механизмом 4.

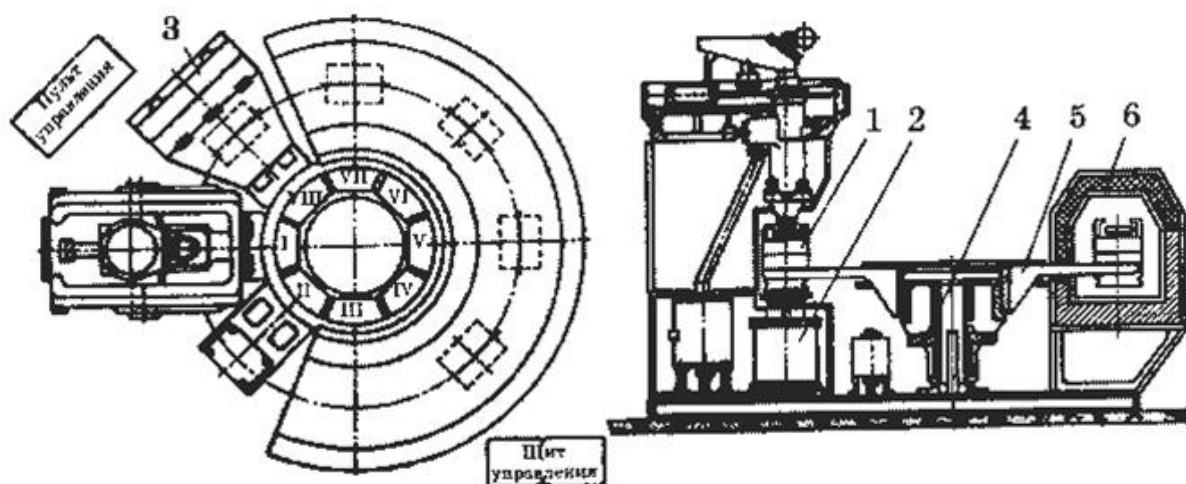


Рис. 3.14. Схема автоматической карусельной пескострельной машины для изготовления стержней в нагреваемой оснастке

Технологический процесс изготовления стержней в нагреваемой оснастке наиболее эффективен в условиях массового или крупносерийного производства отливок. В стержневых отделениях современных литейных цехов используются не отдельные машины, а комплексно-механизированные линии. Пример организации стержневого отделения с комплексно-механизированными линиями для изготовления мелких и средних стержней в нагреваемой оснастке приведен на рис. 3.15.

Стержневое отделение имеет следующие участки: I – участок приготовления смеси, II – участок изготовления стержней, III – участок комплектовки стержней, IV – рабочее место мастера, V – склады стержневых

ящиков, VI – кладовая вспомогательных материалов, VII – формовочное отделение, VIII – склад формовочных материалов.

На рис. 3.16 показана *автоматизированная линия для изготовления стержней массой до 16 кг из смеси на жидком стекле с продувкой углекислым газом*. Линия выполнена на базе унифицированных машин и узлов, показанных на рис. 3.11.

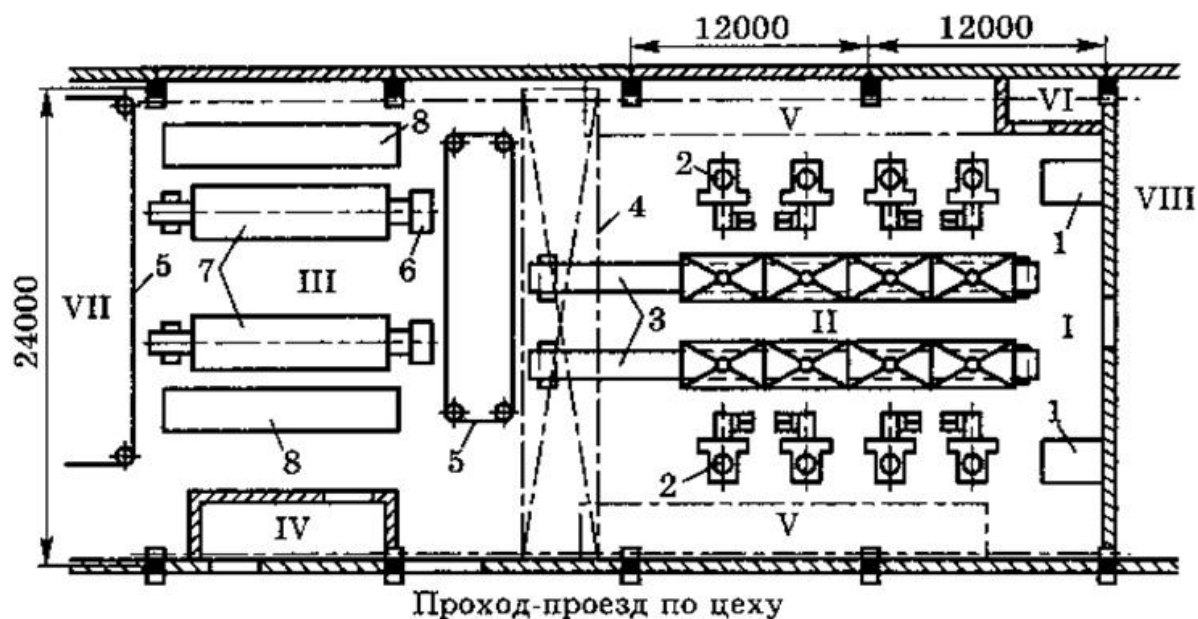


Рис. 3.15. Схема стержневого отделения для изготовления мелких и средних стержней в нагреваемой оснастке:

1 – смесители; 2 – пескострельные машины; 3 – ленточные конвейеры с вытяжными зонтами; 4 – мостовой кран; 5 – подвесные цепные конвейеры; 6 – стеллажи обработки и окраски стержней; 7 – проходные печи для подсушки окрашенных стержней; 8 – стеллажи охлаждения

Технологический цикл изготовления стержней на линии включает в себя ряд операций: подготовку стержневого ящика и подачу его на позицию надува стержневого автомата, надув и уплотнение смеси, продувку смеси углекислым газом и отверждение стержня, подачу стержневого ящика на позицию поворотно-вытяжной машины, поворот стержневого ящика, вытяжку стержня и укладку его на сушильную плиту, транспортирование стержня с дополнительным отверждением на сушильной плите, съем готового стержня, возврат ящика к пескоструйной машине, а сушильной плиты – к поворотно-вытяжной машине.

Линия состоит из следующих машин и узлов: стержневого автомата 1, приемного роликового конвейера 2, стола передаточного 3, устано-

вок 4 для продувки углекислым газом, приемного роликового конвейера 5 с досылателем, поворотной-вытяжной машины 6, роликового конвейера 7, промежуточного конвейера подготовки стержневых ящиков 8, передающего конвейера 9, приемного конвейера 10, роликовых конвейеров 11, 12, пневмоцилиндров 13 и 16, гидростанций 14 и 15, пульта управления 17 и электрошкафа 18.

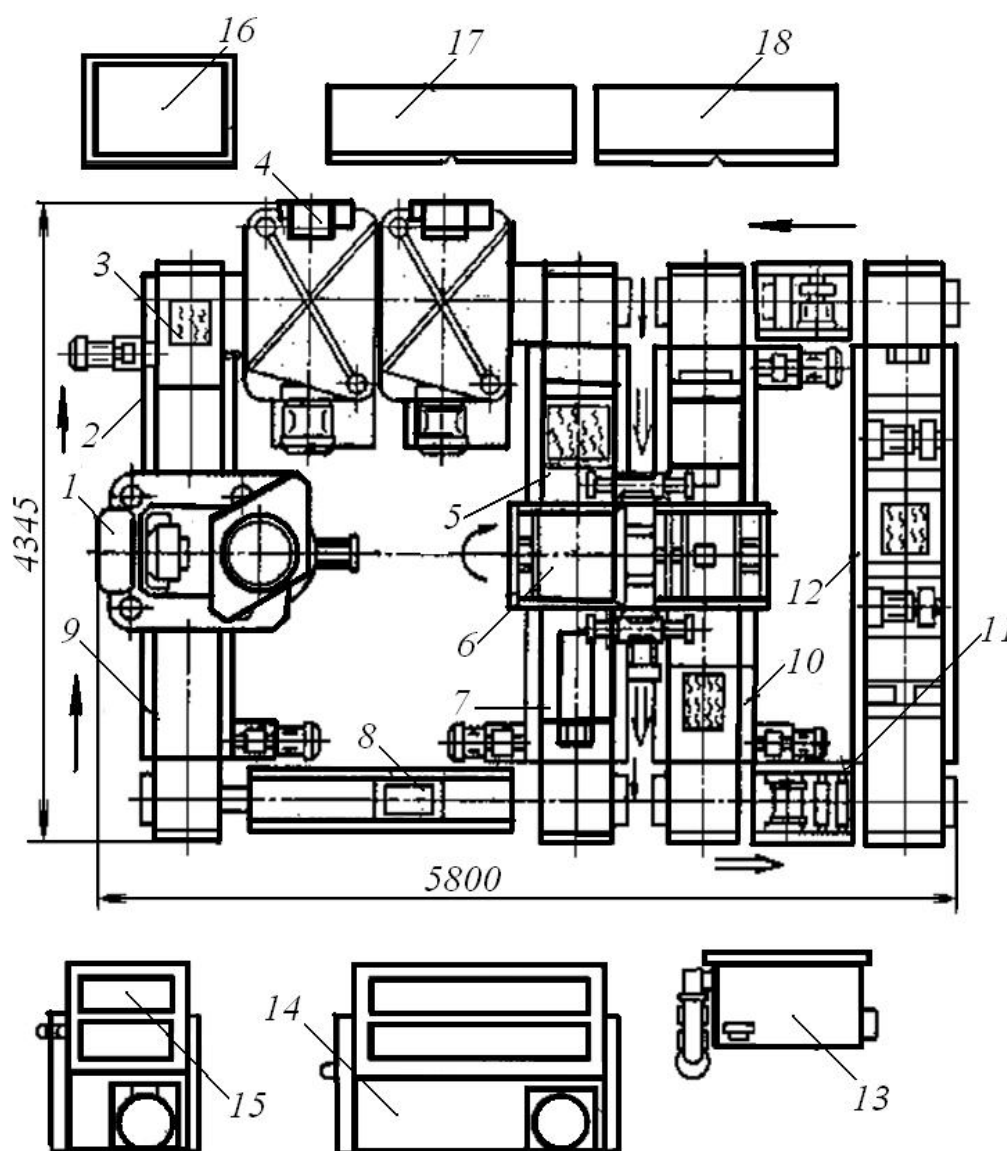


Рис. 3.16. Автоматизированная линия для изготовления стержней из смеси на жидком стекле с продувкой углекислым газом

Линия работает в автоматическом режиме. Нажатием кнопки «Пуск линии» включаются электродвигатели промежуточных роликовых конвейеров выдачи и при опущенном упоре промежуточного роликового конвейера подготовки ящиков – конвейера передающего механизма. Подготов-

ленный стержневой ящик перемещается конвейером 9 на подъемный стол передающего механизма, нажимает рычаг конечного выключателя, стол поднимается, включается электродвигатель роликового конвейера пескодувного автомата 1, и стержневой ящик передается на стол полуавтомата. В конце этого хода ящик, продвигаясь над захватом досылателя, отклоняет его, после чего срабатывают цилиндры досылателя и упора и устанавливают ящик на стол автомата. В конце рабочего хода досылателя и упора выключается электродвигатель привода конвейеров автомата, и цилиндры возвращаются в исходное положение.

По окончании опускания стола автомата поднимаются столы выдающих механизмов передачи автомата и поворотно-вытяжной машины 6. Заформованные ящики два цикла выдерживаются на двух позициях на установках 4 для продувки углекислым газом.

Поднятые столы подают команду на включение всех приводных конвейеров (за исключением подающего конвейера к пескодувному полуавтомату), в том числе конвейеров полуавтомата и поворотно-вытяжной машины. Стержневые ящики и плиты со стержнями выдаются со столов машины на промежуточные конвейеры, и заформованный ящик и сушильная плита подаются и устанавливаются на столах основного технологического оборудования. Ящики и плиты со стержнями, выданные с основного оборудования, попадают на подъемные столы, опускаются, после чего передаются на промежуточные конвейеры выдачи.

Далее цикл повторяется, причем время цикла определяется временем подготовки ящика и числом ящиков, находящихся в обороте.

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите классификацию стержневых автоматических линий.
2. Как можно классифицировать стержневые автоматические линии по способу изготовления стержней?
3. Укажите типы и конструкции стержнеобразующих агрегатов.
4. Приведите схему и охарактеризуйте принцип действия стержневых линий на базе пескодувных автоматов.
5. Приведите схему и охарактеризуйте принцип действия линий для изготовления стержней из ХТС.
6. Укажите типы планировок стержневого отделения.

РАЗДЕЛ 4. ОБОРУДОВАНИЕ СКЛАДОВ ШИХТЫ, ПЛАВИЛЬНО-ЗАЛИВОЧНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Глава 15. ТИПОВАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ СКЛАДОВ ШИХТЫ ЧУГУНОЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Склад шихты предназначен для приемки, хранения и подготовки к использованию в литейном цехе металлических шихтовых материалов, топлива для плавки, флюсов и огнеупорных материалов. В соответствии с назначением склада в нем располагаются различные емкости для хранения материалов, а также необходимое транспортное и технологическое оборудование.

На рис. 4.1 показан типовой механизированный склад шихты чугунолитейного цеха. Такой склад оборудуют в закрытом помещении в пролете шириной 18–24 м. Для удобства транспортирования шихтовых материалов склад непосредственно примыкает к плавильному отделению.

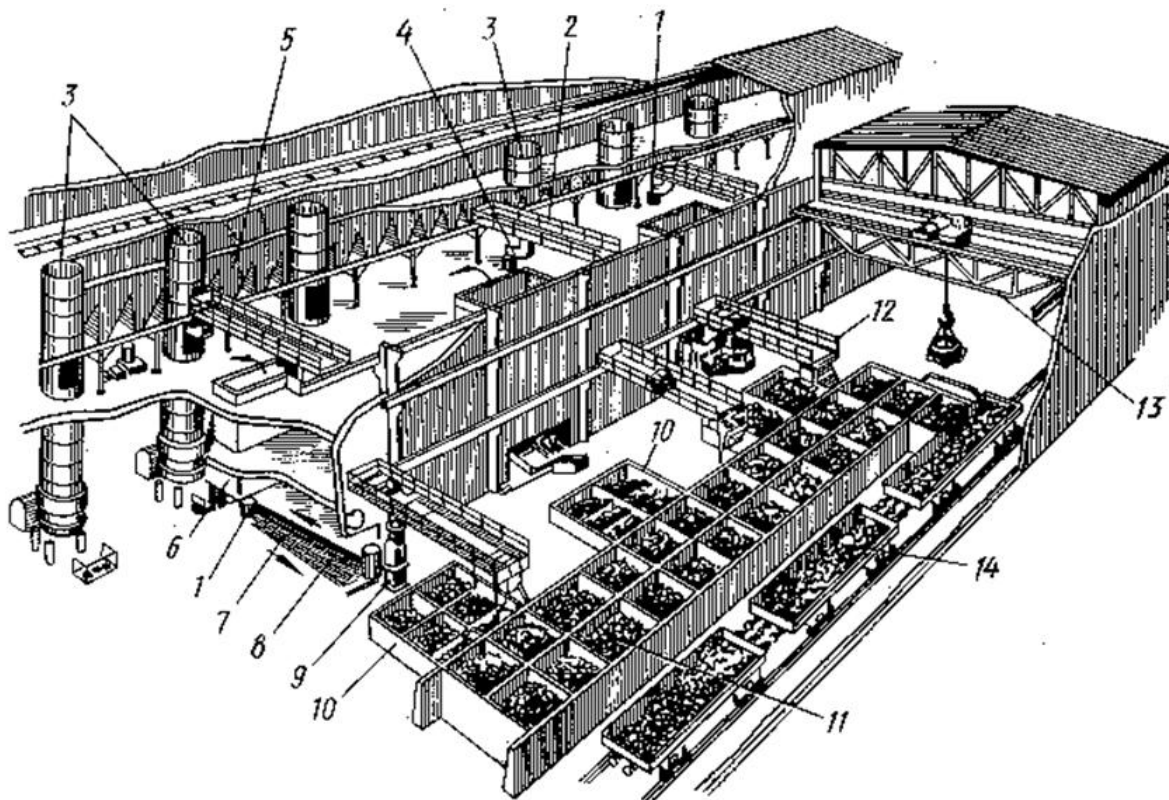


Рис. 4.1. Типовой механизированный склад шихты чугунолитейного цеха

Внутри склада, вдоль его наружной стены, прокладывают железнодорожный путь, по которому подаются под разгрузку вагоны 14 с материалами. В пролет шихтового склада устанавливают магнитно-грейферный кран 13, предназначенный для перегрузки материалов в закрома основного запаса 11. В крупных складах с большим грузооборотом применяют два крана, работающих независимо: магнитный и грейферный. Магнитный кран, снабженный магнитной шайбой, предназначен для перегрузки магнитных материалов, а грейферный – для подъема и транспортирования сыпучих материалов (кокса, флюсов и др.).

Для подготовки материалов склад оборудуют чушколомом для дробления чушек чугуна, дробилками для флюсов и копром для разделки крупного металлического лома.

Предварительно подготовленные материалы подаются в суточные (расходные) бункера для металлической шихты 10, кокса 5 и флюса полупортальными электрическими кранами 12. Из суточных бункеров подается в загрузочную бадью 1 заданное количество металлических материалов, кокса и флюса на одну колошу.

Составляющие шихты взвешивают на весах 9. Затем бадья 1 захватывается крюком 4 шаржирного крана 2 и через люк 6 в загрузочной площадке подается к шахте вагранки 3 и разгружается. Бадья с шихтой может подаваться в шахту вагранки также с помощью скипового подъемника. К подъемнику бадья перемещается по наклонным роликовым конвейерам 7 и 8.

Операции, выполняемые с шихтовыми материалами на складе, делятся на транспортные и технологические.

К транспортным операциям относится выгрузка материалов, прибывающих на склад со стороны. Основная часть материалов доставляется железнодорожным транспортом. В небольших цехах часть шихтовых материалов может доставляться автотранспортом. Материалы, поступившие на склад, разгружают мостовыми и консольными кранами внутри помещения и козловыми кранами на открытых площадках.

Помимо транспортных операций на складах выполняются операции по раскалыванию чушкового чугуна и крупного металлического лома, по дроблению флюса и грохочению кокса. При использовании для плавки стружки собственных отходов ее также брикетируют на складе шихты.

Металлические шихтовые материалы, топливо и флюсы, поступающие в литейных цех, перед подачей в плавильное отделение подвергают предварительной обработке.

Чушковый чугун, поступающий с металлургических заводов в виде чушек, соединенных по три-четыре штуки, ломают на отдельные куски по пережимам. При плавке в малых и средних вагранках чушки ломают на более мелкие куски. Для механизации этого процесса применяют чушколомы, которые представляют собой специальные пережимные прессы. Кинематическая схема чушколома показана на рис. 4.2.

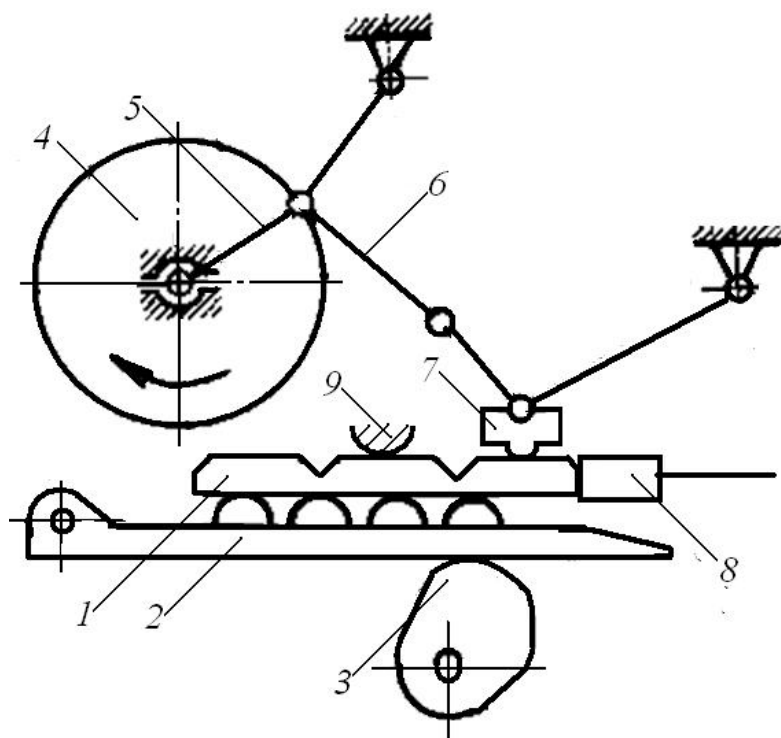


Рис. 4.2. Кинематическая схема чушколома

Работа чушколома происходит следующим образом. Чушковый чугун 1 кладут на подъемный стол 2 с роликовым конвейером. Стол устанавливают на требуемую высоту чушки поворотом эксцентрика 3. Маховик 4, приводимый в действие с помощью электрического привода, через коленчатый вал 5 и шатун 6 приводит в движение механизм излома 7 чушки. Для фиксирования чушки служит упор 8, автоматически отодвигающийся после излома для свободного пропуска, и прижим 9.

Для разбивания крупного чугунного лома оборудуют копровые цехи, в которых также очищают элементы литниковых систем от остатков формовочной смеси перед переплавкой и дробят крупные куски известняка.

Копер представляет собой пирамидальную башню высотой до 10 м, в верхней части которой установлен блок для подъема копровой бабы. В зависимости от размера лома применяют бабы массой 500–3000 кг. Баба захватывается специальными клещами и на тросе электролебедкой поднимается вверх. Рывком троса клещи открываются и баба падает, разбивая лом.

Для мелкого дробления флюса используют щековую дробилку. Дробилка размельчает куски до размера 12–40 мм. Для более мелкого дробления применяют молотковые дробилки и шаровые мельницы.

Кокс сортируют на эксцентриковых или инерционных грохотах. На рис. 4.3 показан эксцентриковый грохот. На раме 1 установлено эксцентриковое сито 4. Через косынки, прикрепленные к сити, проходит эксцентриковый вал 3, приводимый во вращение электродвигателем 2. При вибрации грохота крупные куски кокса проходят вдоль всей длины полотна грохота и в конце его сваливаются в короб или на контейнер. Мелкие куски проваливаются сквозь полотно сита и затем передаются в отход.

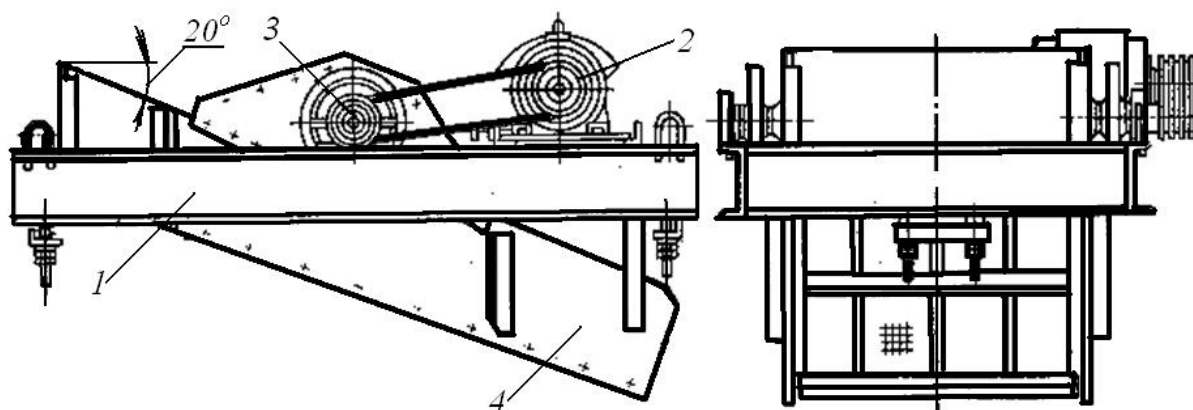


Рис. 4.3. Эксцентриковый грохот

Брикетирование металлической стружки производится на гидравлических прессах с давлением на материал более 40 ГПа, что позволяет получить брикеты диаметром 75–100 мм при высоте 75–100 мм плотностью 5600–5900 кг/м³.

Загрузка шихтовых материалов в бадью должна происходить при точном их весовом дозировании. Можно взвешивать шихту непосредственно на тележке или предварительно взвешенную шихту загружать в бадью, транспортируемую на тележке без весового устройства. Передвигаясь вдоль бункеров, бадья последовательно заполняется всеми элементами шихты, после чего доставляется к вагранке шаржирным краном или скиповым подъемником.

На рис. 4.4 показана схема пружинных весов с гидравлическим успокоителем, применяемых при взвешивании шихты. На таких весах при взвешивании кускового материала удары не передаются пружинам 5, а воспринимаются маслом 10 (находящимся в цилиндре 9), которое через отверстия 12 перетекает в верхний поршень 7, выдавливая воздух через отверстие 8. Стол 1 весов по мере загрузки опускается, растягивая пружины, и нож 4 электроконтакта, соединенный со столом штифтами 2 и рамкой 3, замыкается с другим регулируемым контактом 11. В момент замыкания контактов подается команда на прекращение засыпки материала в бадью, стоящую на столе весов. Весы устанавливают на сварной станине 6.

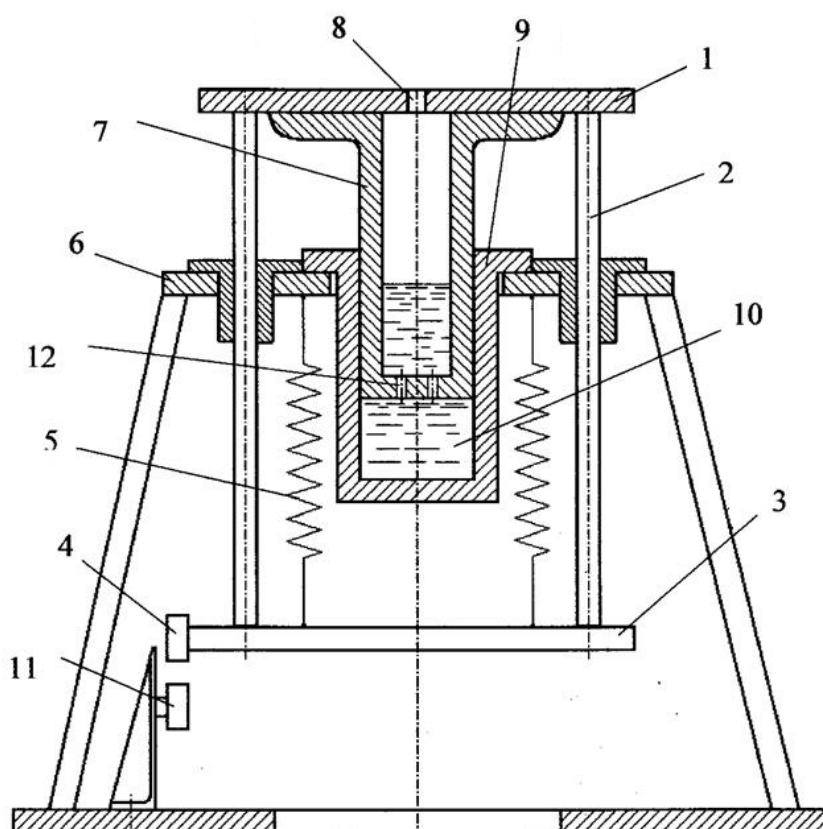


Рис. 4.4. Схема автоматических пружинных весов с гидравлическим успокоителем

Тележка для весового дозирования шихты (рис. 4.5) устроена следующим образом. Грузоподъемный механизм весов установлен на платформе 1 самоходной тележки с электрическим приводом 8. Платформа 7 механизма опирается на две замкнутые между собой шарниром 10 полурамы 9 и 12, опорные шарниры которых установлены на платформе 1. Меж-

ду платформами 7 и 1 расположены упругие элементы 6, в качестве которых использованы винтовые цилиндрические пружины сжатия. Число пружин и их параметры выбирают в зависимости от требуемой грузоподъемности весов и разрешающей способности весоизмерительной схемы.

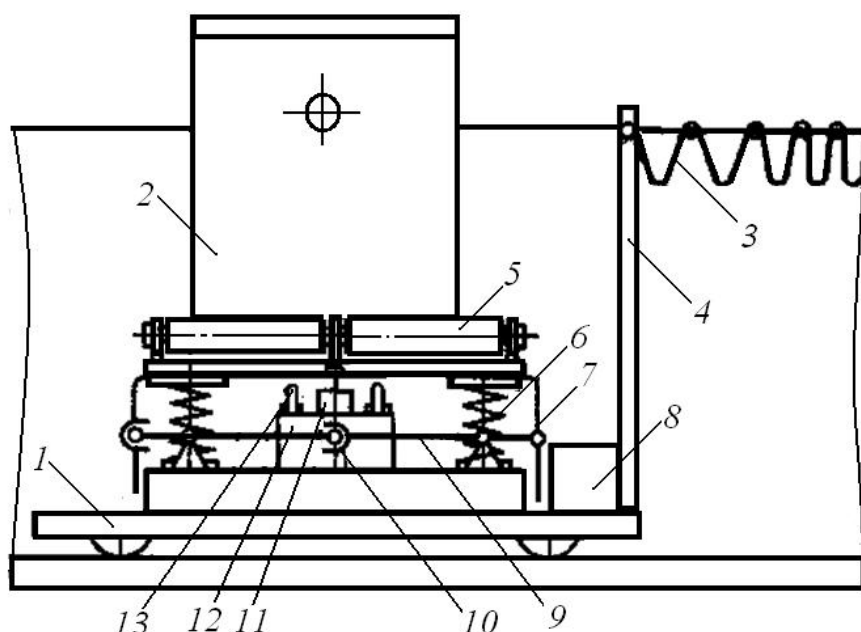


Рис. 4.5. Схема тележки для весового дозирования шихты

Для ограничения хода платформы 7 и защиты пружин от поломки при перегрузке установлены механические ограничители 13. На платформе укреплен роликовый конвейер 5, на который накатывается бадья 2. Для связи привода 8 и преобразователя 11 с пультом управления используется гибкий кабель 3, укрепленный на стойке 4.

Для точного дозирования известняка и ферросплавов непосредственно под днищем расходного бункера устанавливают ленточные и бункерные весовые дозаторы.

Рассмотрим в качестве примера склад шихты чугунолитейного цеха Волжского автомобильного завода, где в качестве плавильных агрегатов применяются электрические печи (рис. 4.6).

Склад занимает два пролета шириной 24 м, длиной 144 м и расположен на нулевой отметке. Плавильное отделение, примыкающее к складу, размещается также в пролете шириной 24 м. Печная площадка расположена на уровне второго этажа цеха (на отметке 7,2 м) и, таким образом, приподнята над уровнем склада шихты.

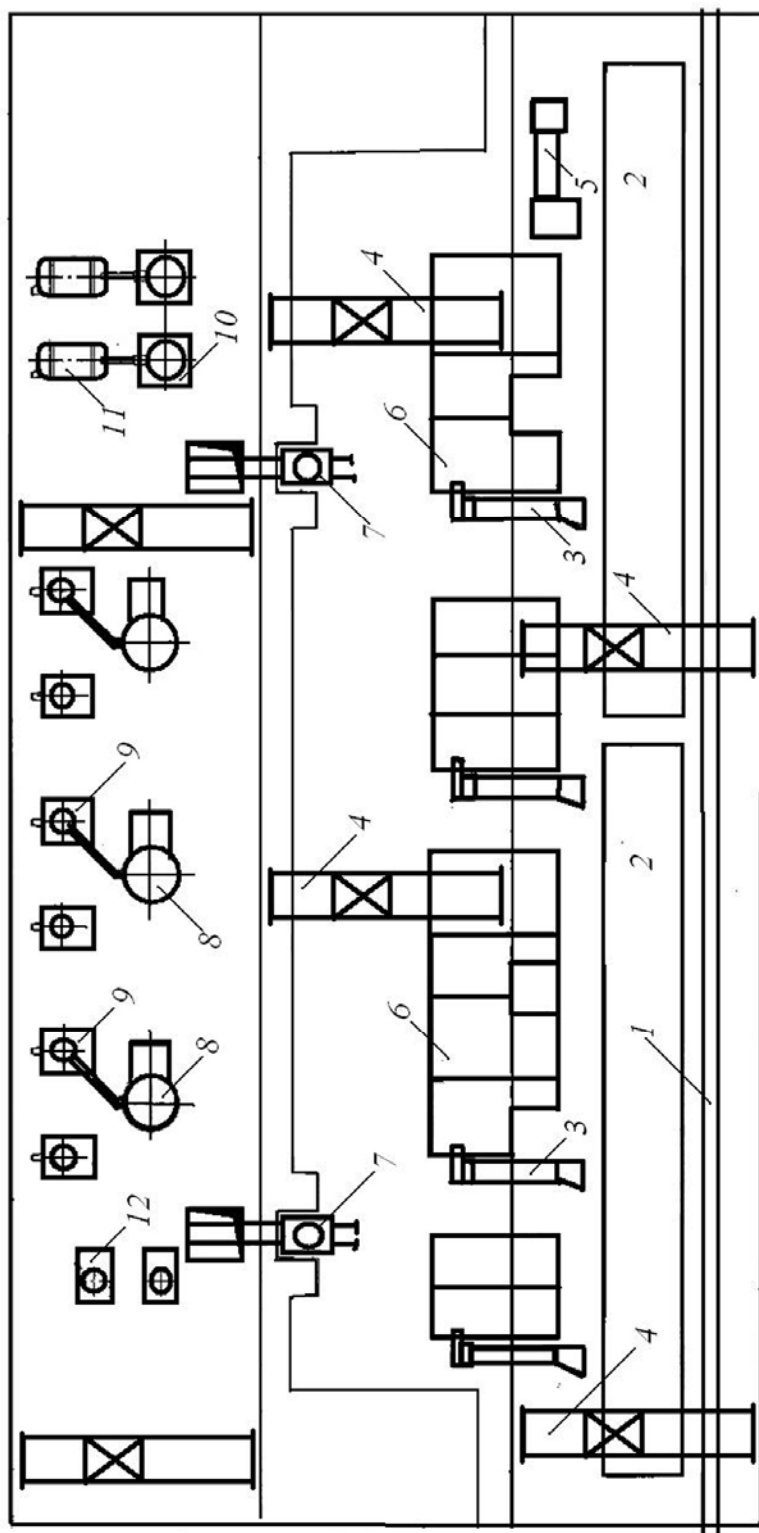


Рис. 4.6. Схема склада шихты и плавильного отделения чугунолитейного цеха

Волжского автомобильного завода:

1 – подземный путь; 2 – мостовые магнитные краны грузоподъемностью 10 т; 3 – закрома; 4 – мостовые магнитные краны грузоподъемностью 40 т; 5 – установка для сушки стружки; 6 – суточные бункера; 7 – весовые тележки; 8 – дуговые электропечи емкостью 40 т с основной футеровкой; 9 – индукционный тигельный миксер емкостью 20 т; 10 – индукционная тигельная печь емкостью 25 т с кислой футеровкой и трехфазный трансформатор для нее; 11 – индукционный каналный миксер емкостью 57 т; 12 – индукционная тигельная печь емкостью 6 т с кислой футеровкой

Выплавка серого чугуна для блока цилиндров, а также ковкого и высокопрочного чугуна производится дуплекс-процессом (дуговая печь емкостью 40 т – индукционная тигельная печь емкостью 20 т). У каждой дуговой печи имеется по две индукционных; перелив металла в них осуществляется по перекидному желобу. Серый чугун общего назначения выплавляется также дуплекс-процессом (индукционная тигельная печь емкостью 25 т – индукционная канальная печь емкостью 57 т). Некоторые сорта серого чугуна выплавляются симплекс-процессом в тигельных индукционных печах емкостью 6 т.

Шихтовые материалы доставляются на склад по подъездным железнодорожным путям, разгружаются двумя мостовыми магнитными кранами (грузоподъемностью по 10 т) первого пролета и хранятся в закромах. В первом же пролете имеется барабанная сушильная печь для сушки металлической стружки.

Возврат, доставляемый из цеха в ящиках автопогрузчиками, проходит очистку в барабанах, расположенных между первым и вторым пролетами склада и разгружающихся непосредственно в суточные бункера, куда подаются кранами и другие шихтовые материалы.

Для загрузки в печи шихта дозируется в бадьи с откидным днищем, установленные на весовых тележках. Загрузка бадей осуществляется мостовыми кранами второго пролета склада, имеющими магнитные шайбы регулируемой грузоподъемности. Точность взвешивания составляет ± 10 кг. Емкость бадей для загрузки дуговых печей емкостью 40 т – 20 т шихты. Индукционные печи емкостью 25 т загружаются бадьями емкостью 6 т шихты. После загрузки бадьи шихтой весовая тележка перемещается под шахту, через которую мостовой кран плавильного пролета поднимает бадью на печную площадку и разгружает ее в печь. При загрузке дуговой печи ее свод поднимается и отводится в сторону, поворачиваясь на 90° на поворотном мосту печи.

В новых чугунолитейных цехах с электропечами, как правило, производится предварительный подогрев шихты непосредственно в загрузочной бадье. Для этого бадья выполняется в виде наружного цилиндрического корпуса с футеровкой и внутреннего железного цилиндра, в который помещается шихта. Шихта в таких устройствах нагревается неравномерно, и под температурой подогрева следует понимать лишь некоторую среднюю температуру шихты. Подогретая в бадье шихта далее передается

к плавильной дуговой или тигельной индукционной печи и разгружается в нее. Подогрев шихты в загрузочных бадьях дает значительную (20–25 %) экономию электроэнергии при плавке чугуна в электропечах и позволяет ускорить цикл плавки.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите типовые схемы механизации складов шихты чугунолитейного цеха.
2. Охарактеризуйте виды операций, выполняемых с шихтовыми материалами на складе.
3. Какое оборудование применяется для дробления чугунных чушек?
4. Какое оборудование используется для взвешивания шихты?
5. Приведите схему автоматических пружинных весов.
6. Приведите схему склада шихты и плавильного отделения чугунолитейного цеха.
7. Как классифицируют литейные ковши для разливки чугуна?

Глава 16. ТИПОВАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ СКЛАДОВ ШИХТЫ СТАЛЕЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Цехи фасонного стального литья могут иметь в качестве плавильных агрегатов мартеновские печи, электропечи или конвертеры малого бесслесования. В зависимости от этого применяется соответствующая система механизации склада шихты и загрузки шихты в печи.

В фасонно-сталелитейных цехах с дуговыми электропечами, как и в чугунолитейных цехах, склад шихты обслуживается подъездным путем и мостовым магнитным краном (рис. 4.7). Шихтовые материалы хранятся в закромах.

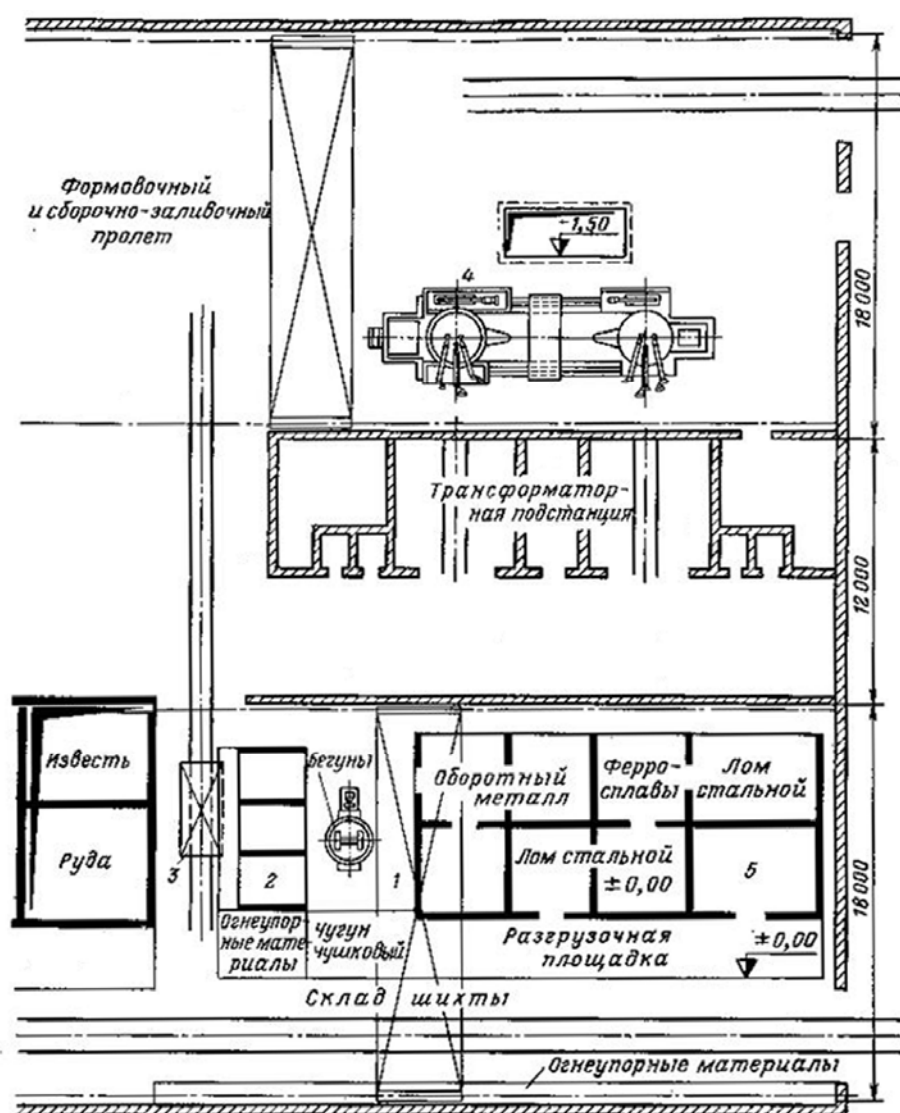


Рис. 4.7. Схема механизированного склада шихты фасонно-сталелитейного цеха с дуговыми электропечами:

1 – мостовой магнитный кран; 2 – суточные бункера; 3 – весовая тележка; 4 – дуговые электропечи; 5 – закрома для шихтовых материалов

Загрузка шихты в электроплавильные печи производится лотками, бадьями и корзинами. Лоток подвешивается цепями к крановой тележке, имеющей два механизма подъема. В лоток помещается шихта на всю плавку печи. Конец лотка вводится в загрузочное отверстие печи. Опусканием передних цепей и подъемом задних лоток приводится в наклонное положение, и шихта с него соскальзывает в печь.

Крупные печи загружаются сверху, причем свод печи снимается или отодвигается в сторону. В таком случае для загрузки применяют или бадьи с раскрывающимся дном, или особые проволочные корзины. Корзина имеет поясное кольцо, прикрепленное к траверсе, поднимаемой краном. Свод печи снимается и откатывается в сторону на специальной тележке. Проволочная корзина опускается через отверстие корпуса печи на дно, отцепляется от поясного кольца и вместе с шихтой остается и расплавляется в печи. Чтобы каждый раз не использовать новую проволочную корзину, применяют корзины, в которых к поясному кольцу на шарнирах присоединены секторы. Их концы связывают веревкой, которая при опускании корзины на дно печи быстро сгорает, и секторы при поднимании корзины расходятся в стороны, оставляя шихту на дне печи. Крупные дуговые печи иногда загружают шихтой также с помощью мультзагрузочных кранов.

Контрольные вопросы и задания

1. Укажите типовые схемы механизации складов шихты сталелитейного цеха.
2. Приведите схему склада шихты и плавильного отделения сталелитейного цеха.
3. Как осуществляется загрузка шихты в электроплавильные печи?

Глава 17. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНЫХ И ЗАЛИВОЧНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

17.1. Литейные ковши

Литейные ковши разделяются по способу переноски на ручные, монорельсовые и крановые, по форме – на конические и барабанные, а по способу разливки – на ковши с носиком, чайниковые и стопорные.

Ручные ковши-ложки изготавливают с одной ручкой для переноски и заливки одним рабочим. Они имеют емкость 6–20 кг жидкого металла. Более крупные ручные ковши емкостью до 80–100 кг переносят на особых носилках двое, трое или четверо рабочих. Ковш делают сварным из листовой стали. Изнутри ручные ковши обмазывают глиной с песком на толщину ~20 мм.

Наиболее удобны для заливки и хорошо сохраняют температуру барабанные ковши, однако их серьезными недостатками являются трудоемкость изготовления футеровки и сложность эксплуатации. Барабанные крановые ковши имеют вместимость 1, 2, 3, 4 и 5 т. Их применяют в тех случаях, когда нужно обеспечить медленное охлаждение жидкого металла. Это особенно важно при тонкостенном литье и для стендовых ковшей при заливке на конвейере, а также при разливке ковкого чугуна.

Самыми простыми в изготовлении и эксплуатации являются конические и чайниковые ковши. В целях предотвращения остывания расплава их закрывают откидной крышкой, футерованной снизу термоизоляционным материалом. Параметры крановых конических ковшей вместимостью до 20 т приведены в таблице. Такие ковши могут быть вместимостью также 25, 30, 40, 50 и 70 т (рис. 4.8).

Параметры крановых конических ковшей

Вместимость, т	Основные размеры, мм						Масса, кг
	D	H	H_1	H_2	h	A	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	710	880	1910	110	440	860	997
2	860	1060	2100	140	540	1010	1328
3	970	1190	2240	160	600	1020	1731
4	1060	1240	2500	180	660	1260	2191
5	1140	1310	2580	190	700	1360	2443

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
6	1280	1590	2800	210	800	1500	3320
8	1390	1680	3100	220	840	1690	4286
10	1550	1800	3220	240	900	1850	5652
12	1630	1890	3320	250	960	1930	6602
16	1780	2080	3890	280	1070	2200	7506
20	1900	2220	4030	300	1130	2330	9063

Конические монорельсовые ковши делают вместимостью 100, 160, 250, 400, 500, 630 и 800 кг.

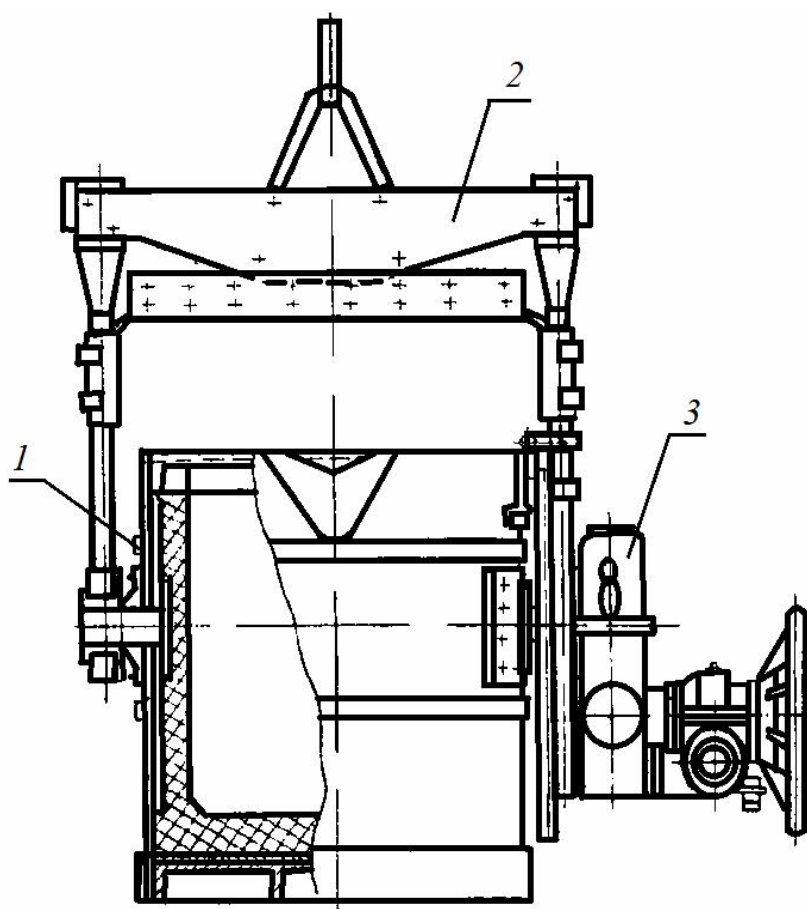


Рис. 4.8. Крановый конический ковш:

1 – ковш; 2 – траверса; 3 – механизм поворота

На рис. 4.9 показаны стопорный ковш вместимостью 5 т и барабанный ковш вместимостью 1 т.

Крановые конические стопорные ковши применяют при разливке стали. Из ковшей вместимостью 1–6 т сталь разливают через один стопор,

более 8 т – через два стопора. Из стопорных ковшей металл выпускается через донное отверстие в шамотном стакане (см. рис. 4.9, *а*). Это отверстие закрывается огнеупорной пробкой, закрепленной на стопоре. Стопор представляет собой металлический стержень, на который надеваются огнеупорные трубки. Для подъема и опускания стопора и соответственно для открывания и закрывания выпускного отверстия служит рычажный механизм. У стопорных ковшей вместимостью 1–12 т помимо стопорного устройства имеется механизм поворота – ручной привод с редуктором. Он служит для поворота ковша в случае аварии, при замерзании стопора, при сливе остатков металла и шлака, а также при ремонте.

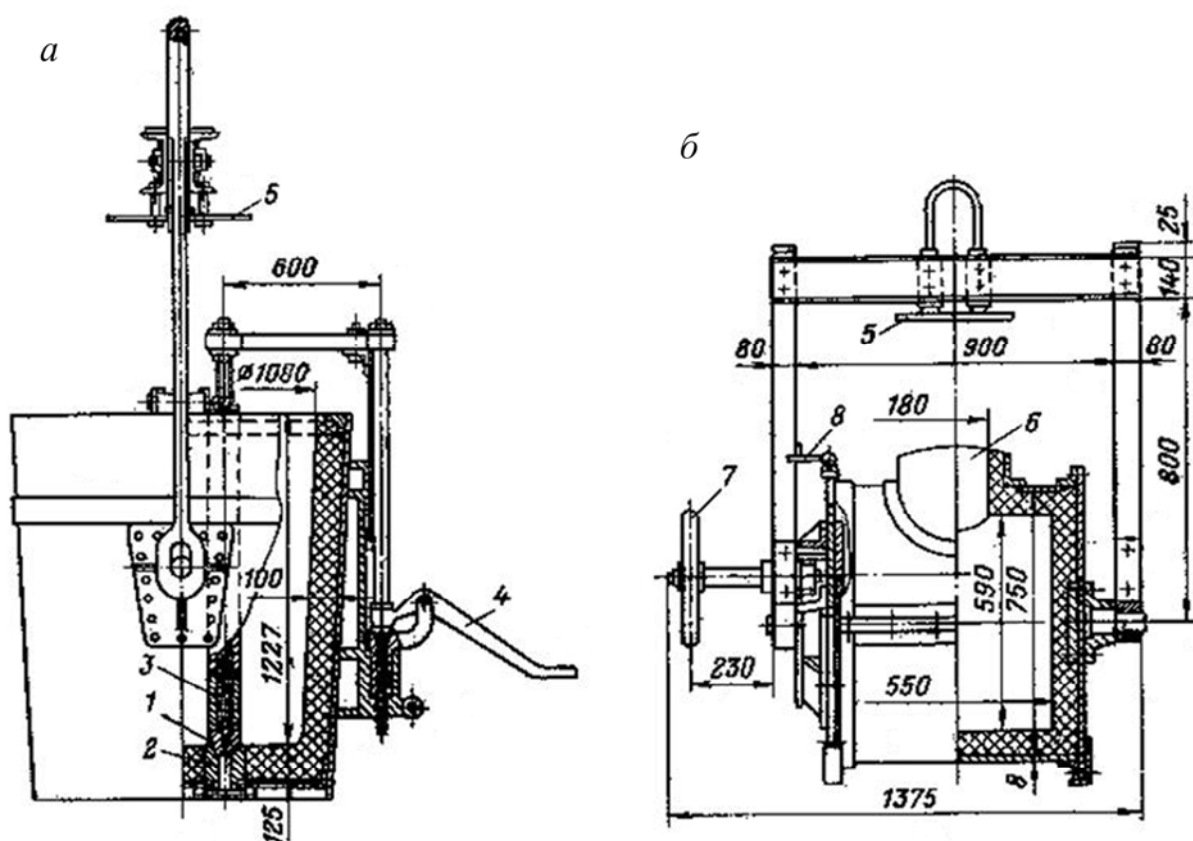


Рис. 4.9. Стопорный ковш вместимостью 5 т (*а*)
и барабанный ковш вместимостью 1 т (*б*):

1 – пробка; 2 – стакан; 3 – наборная трубка; 4 – рычаг; 5 – экранирующий щиток;
6 – носок; 7 – штурвал; 8 – предохранительная скоба

Вследствие постепенного намерзания металла на стакане число открываний шамотной пробки при разливке стали из ковша ограничено.

17.2. Устройства для нагружения форм перед заливкой

При заливке форм металлом возникает усилие, под действием которого верхняя полуформа поднимается. Чтобы избежать ее подъема при заливке и утечки металла по разъему, форму нагружают сверху специальными грузами. Расчет усилия крепления может быть произведен с учетом определения усилия давления P металла на подъем верхней полуформы.

Для форм без стержней

$$P = 10^7 k [H (F_{\text{отл}} + F_{\text{лит}}) \cdot \gamma_{\text{м}} - q],$$

для форм со стержнями

$$P = 10^7 k [H (F_{\text{отл}} + F_{\text{лит}}) \cdot \gamma_{\text{м}} + (\gamma_{\text{м}} - \gamma_{\text{ст}}) \cdot V_{\text{ст}} - q],$$

где P – усилие давления металла на верхнюю полуформу, Н;

k – коэффициент запаса, учитывающий гидравлический удар; $k = 2 \div 4$ (значение k берут тем больше, чем выше скорость заливки и крупнее отливка);

H – высота верхней полуформы, м;

$F_{\text{отл}}$ – площадь горизонтальной проекции отливки в плоскости разъема, м^2 ;

$F_{\text{лит}}$ – площадь литниковой системы в разъеме формы, м^2 ;

$\gamma_{\text{м}}, \gamma_{\text{ст}}$ – плотность жидкого металла и объемная масса стержня, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$V_{\text{ст}}$ – объем стержня, м^3 ;

$q = mg$ – сила тяжести верхней полуформы, Н.

Для нагружения форм, заливаемых на плацу или на роликовых конвейерах, устанавливают грузы с помощью кранов. Для заливки форм на непрерывно движущемся конвейере с пульсирующим перемещением применяют специальные устройства (рис. 4.10). Формы нагружают посредством горизонтально или вертикально замкнутых транспортных устройств, перемещающих грузы синхронно с перемещением опок. С помощью этих устройств грузы устанавливаются на формы в зоне заливки, а затем поднимаются, когда необходимость в нагружении форм отпадает.

На заливочных участках, где используются конвейеры с пульсирующим перемещением, для нагружения форм применяют перестановщики

грузов. Они устанавливают груз перед участком заливки и снимают его после выхода формы из охлаждающего участка конвейера перед выбивкой.

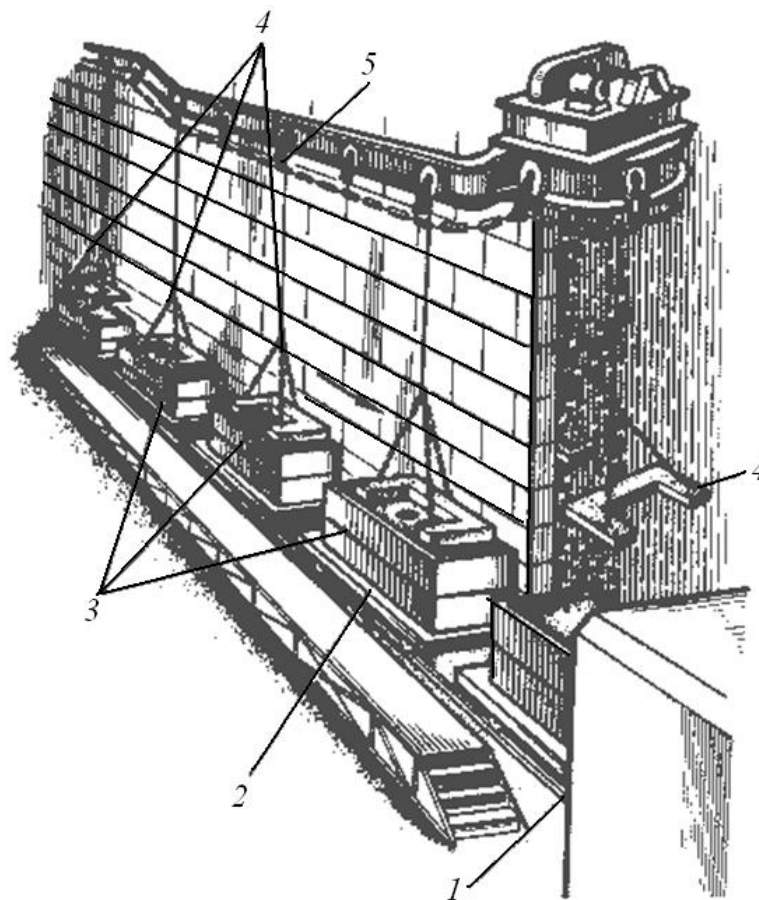


Рис. 4.10. Механизированное нагружение форм:

1 – литейный конвейер; 2 – тележки; 3 – формы; 4 – грузы; 5 – цепной конвейер

Такая система нагружения является составной частью автоматической линии и работает синхронно с остальными ее узлами.

17.3. Автоматизация заливки литейных форм на конвейере

Автоматизированные заливочные установки можно классифицировать по следующим признакам: роду заливаемого металла (черные металлы, алюминиевые сплавы, легкоплавкие цветные металлы); характеру перемещения объекта заливки (непрерывное перемещение, пульсирующее перемещение, стационарная заливка); принципу дозирования (электромеханическое, воздействие на металл давления или вакуума, электромагнитное и комбинированное).

Электромеханические заливочные устройства сравнительно просты по конструкции. В качестве подающих систем они содержат поворотные или

стопорные ковши или заливочные желоба различных типов. Расход жидкого металла регулируют поворотом ковша или подъемом стопора. Точность дозирования определяется соответствующим углом поворота ковша.

С целью точного дозирования заливаемого металла применяют также системы, где вместимость ковша соответствует одной заливаемой порции металла. Такие системы используют при заливке форм на автоматических линиях массового или крупносерийного производства, когда металлоемкость форм постоянна, и при заливке кокильных форм и пресс-форм при литье под давлением.

На рис. 4.11 показана автоматическая заливочная установка для автоматизированной литейной линии. Установка состоит из промежуточных раздаточных барабанных ковшей и заливочных автоматов с барабанными ковшами и весоизмерительными автоматами. Жидкий металл подвозится к установке в ковшах вместимостью 1 т и заливается в раздаточные барабанные ковши вместимостью 1,5 т.

Заливочное устройство имеет следующую конструкцию (рис. 4.12). Промежуточный барабанный ковш 7 имеет внизу стопор 6 со стопорным стаканом 5, соединенный со штоком пневмоцилиндра, в поршневой полости которого имеется пружина 8. В момент закрытия подачи металла на стопор кроме сжатого воздуха действует усилие пружины. Это необходимо для предотвращения самопроизвольного выливания металла в случае прекращения подачи сжатого воздуха.

Под стопорное отверстие подводится разливочный ковш 2, который цапфами 4 свободно опирается на крючки 3 выносных консолей заливочного автомата. К нижней части ковша с двух сторон прикреплены тяги 17, поддерживаемые серьгами. Консоль Г-образной формы подвешена к главной раме 16 на двух рычагах одинаковой длины. Она образует систему рычажно-параллелограмма. Пневмогидравлический цилиндр 15 штоком связан с рамой 16, а поршневой крышкой – с консолью. Рама 16 осями 10 опирается на подшипники 11 тележки 12. Для поворота рамы относительно осей 10 служит цилиндр 14. Тележка колесами 13 опирается на рельсовый путь.

Движение тележки осуществляется приводом, состоящим из электродвигателя и редуктора. Скорость движения тележки при включенном собственном приводе в 3–5 раз больше скорости движения литейного конвейера. По центру тележки проходит цепь 9 привода механизма установки грузов литейного конвейера. Движение этой цепи синхронно движению

литейного конвейера. Цепь 9 имеет кулачки, расположенные строго по оси литейных форм. При выключенном приводе включается муфта, соединяющая тележку 12 с кулачком цепи 9, и тележка начинает двигаться синхронно с конвейером. Носок ковша 2 при этом устанавливается по оси формы 1.

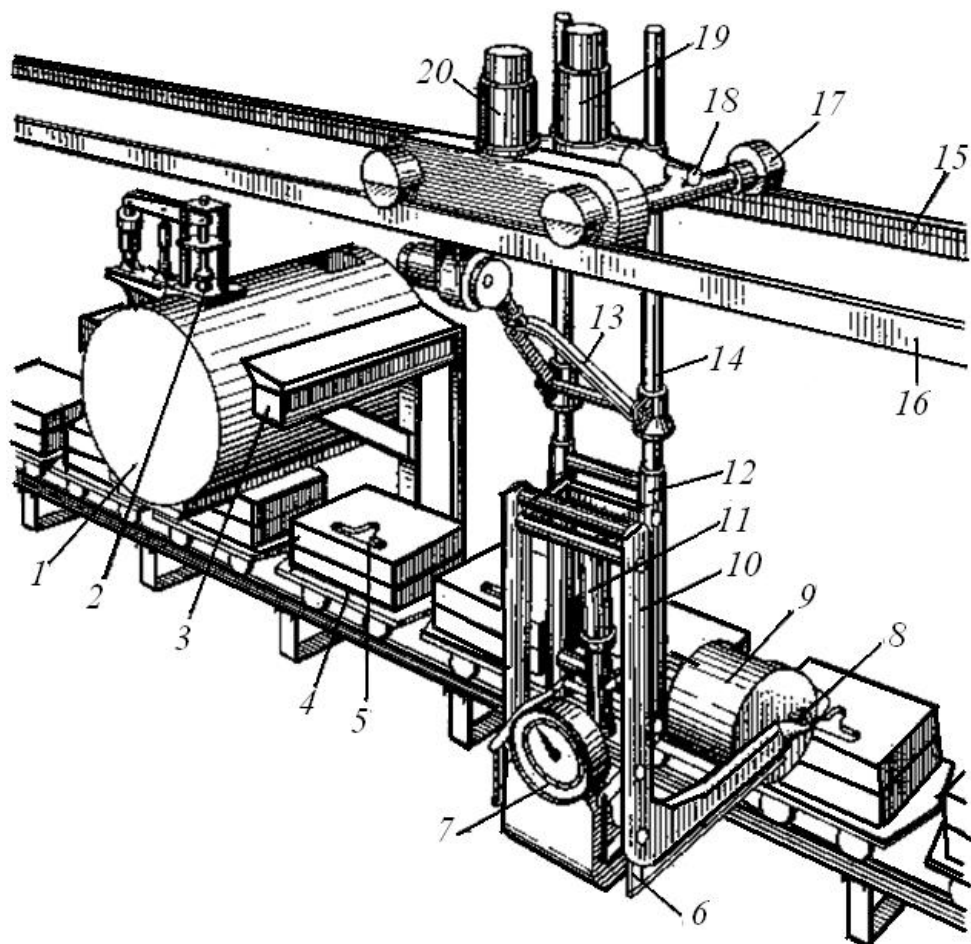


Рис. 4.11. Автоматическая заливочная установка:

1 – промежуточный ковш; 2 – стопорный механизм; 3 – металлоконструкция для установки промежуточного ковша; 4 – литейный тележечный конвейер; 5 – литниковая воронка формы; 6 – рычаги поворота ковша; 7 – рычажные весы; 8 – ось поворота; 9 – барабанный ковш; 10 – консольная траверса; 11 – пневмогидроцилиндр поворота заливочного ковша; 12 – каретка; 13 – тяга; 14 – рейка; 15 – цепь; 16 – рельсовые пути верхней тележки; 17 – тележка; 18 – ось подвески реек; 19 – механизм подъема каретки; 20 – механизм горизонтального перемещения

При наборе металла в разливочный ковш из барабанного ковша цилиндр 14 оттягивает раму 16 и устанавливает носок ковша 2 под стопорное отверстие. Цилиндр 18 весового устройства поднимает весы, платформа которых поднимает ковш 2, освобождая его цапфы от крючков 3. Проис-

ходит автоматическое взвешивание, и подается команда на подъем стопорного устройства. Металл из раздаточного ковша сливается на носок заливочного, смывая при этом оставшийся от предыдущей заливки металл. Команда на прекращение заливки подается весовым преобразователем при достижении заранее установленного оператором веса. Далее весовое устройство опускается, включается собственный привод заливочного автомата, и он, обгоняя конвейер, подает ковш к незаливочной форме. Носок раздаточного ковша совмещается с литниковой воронкой, механизм опрокидывает ковш, и происходит заливка формы.

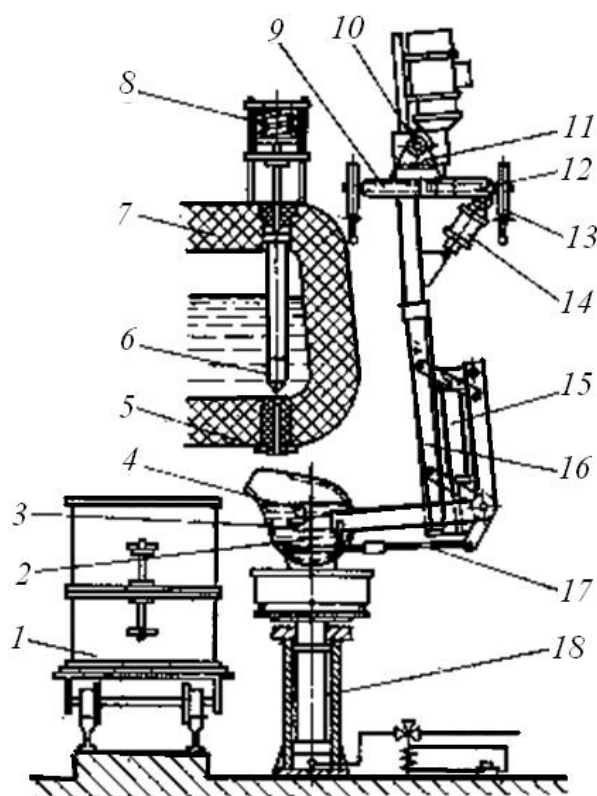


Рис. 4.12. Конструкция заливочного устройства

Для заливки форм применяют также установки мостового типа, которые располагаются над конвейерами. Установка такого типа с программным управлением представляет собой заливочный ковш, укрепленный на тележке, благодаря чему он может передвигаться в поперечном и продольном направлениях относительно ветви литейного конвейера и заливаемых форм. Этим достигается точное регулирование расположения заливочного отверстия над литниковой воронкой (чашей).

Заливка производится в момент остановки формы путем выпуска металла через заливочное отверстие, а прекращение заливки — путем перекры-

тия отверстия специальным штоковым стопором. Дозирование осуществляется электронной системой с программным управлением.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте оборудование плавильных и заливочных отделений.
2. Какие типы литейных ковшей применяют для разливки стали?
3. Приведите принцип расчета усилия нагружения и крепления форм перед заливкой.
4. Какие типы устройств применяются для нагружения форм перед заливкой?
5. Как классифицируют автоматизированные заливочные установки?

РАЗДЕЛ 5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫБИВКИ И ОЧИСТКИ ОТЛИВОК

Ввиду большого разнообразия конструкций и технологических процессов изготовления форм, подвергаемых выбивке, в литейных цехах применяют различные типы оборудования для выбивки форм, удаления отливок из них и стержней из отливок.

Глава 18. ПРОСТЕЙШИЕ ВЫБИВНЫЕ УСТРОЙСТВА

В небольших литейных цехах единичного и мелкосерийного производства применяют простейшие выбивные устройства – подвесные вибраторы (вибрационные скобы) и вибрационные траверсы.

Подвесной вибратор (рис. 5.1) представляет собой литую скобу 1, к которой с помощью стяжек 13 и фланцев 2 прижат пневматический плунжерный вибратор 12. Подвесной вибратор можно переносить краном за кольца 4 и 3. При выбивке форм вибратор с помощью крана скобой накладывается на стенку опоки или отливку. Форма или отливка подвешивается на поперечине, установленной на стойке. Через систему подвода воздуха, включающую вентиль 7, лубрикатор 8, манометр 6, систему шлангов 11 и 9, тройник 5 и пусковой клапан 10, осуществляется привод вибратора. Под действием вибрации, передаваемой через скобу на стенку опоки, форма разрушается, и отливка со смесью выпадает из опоки.

Вибрационная траверса (рис. 5.2) представляет собой коромысло 1, на которое в различных положениях в зависимости от размеров опок подвешиваются скобы с крюками 3. Опока 5 за цапфы 4 навешивается на крюки скобы. На каждой скобе установлен пневмовибратор 2, включаемый с помощью пусковой рукоятки 6. Применяют также траверсы, имеющие электромеханический привод, установленный непосредственно на балке коромысла. При выбивке траверсу подвешивают на крюк подъемника на пружинных подвесках. С помощью траверсы выбивают формы массой до 3 т.

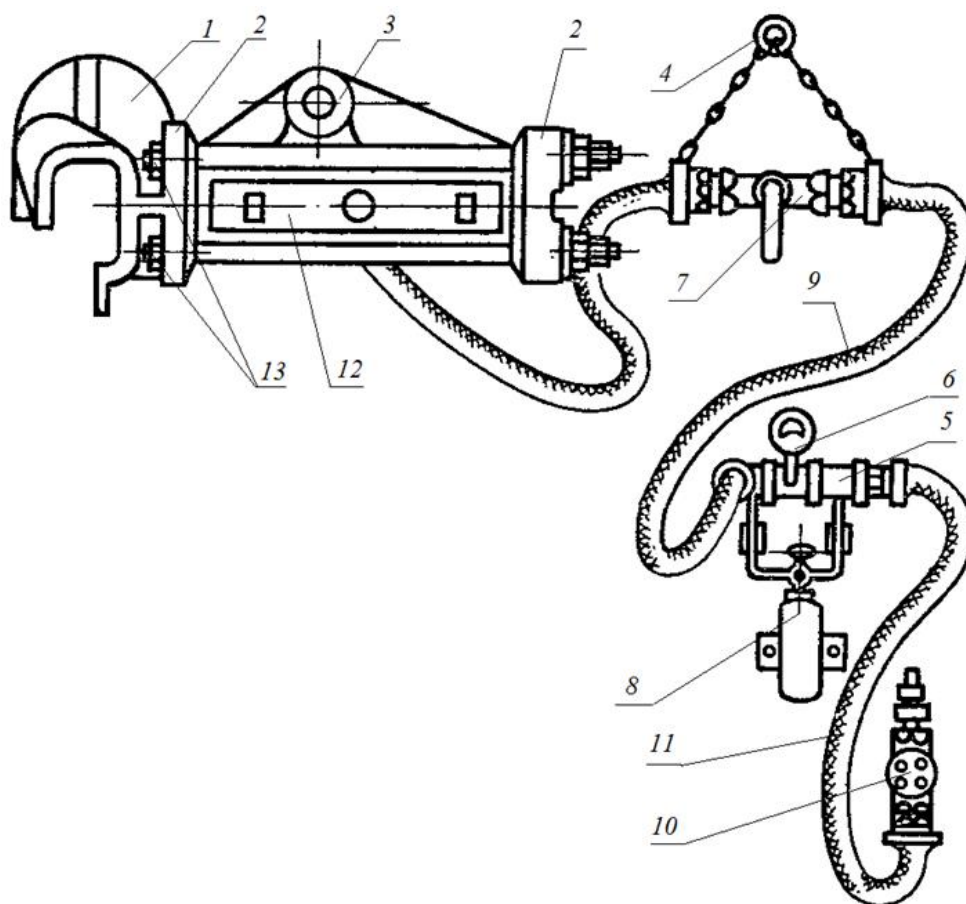


Рис. 5.1. Подвесной вибратор (вибрационная скоба)

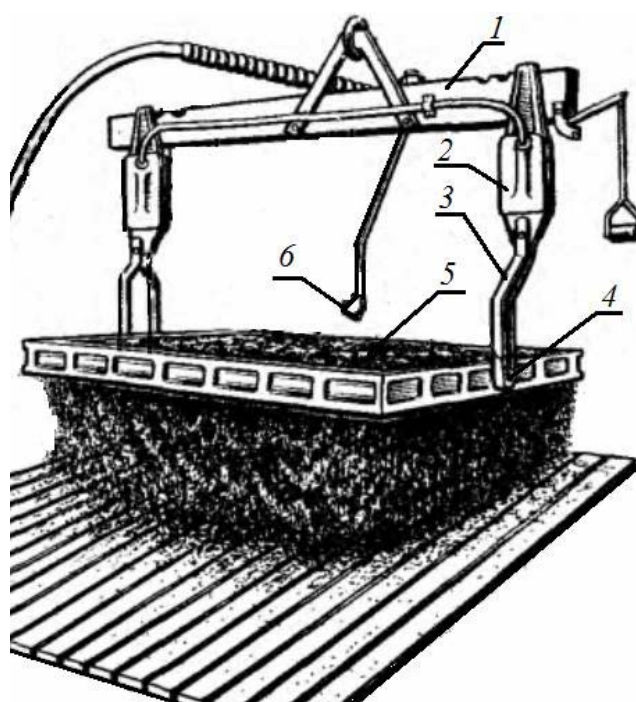


Рис. 5.2. Вибрационная траверса

В последнее время, особенно на автоматических линиях, для выбивки форм из опок, не имеющих крестовин, используют установки, работающие методом выдавливания. При этом методе опока удерживается каким-либо устройством, а форма вместе с отливкой выпрессовывается из нее. Затем выбитая формовочная смесь отделяется от отливки на вибрационном устройстве.

Для выбивки безопочных форм применяют также специальные решетчатые барабаны и вибрационные желоба.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие простейшие выбивные устройства применяются в литейных цехах?
2. Охарактеризуйте конструкцию подвешенного вибратора.
3. Опишите конструкцию вибрационной траверсы.

Глава 19. МЕХАНИЧЕСКИЕ ВЫБИВНЫЕ РЕШЕТКИ

Кроме рассмотренных выбивных устройств на первом этапе развития способа выбивки форм с применением вибрации применялись пневматические выбивные решетки. Однако вследствие существенных недостатков вибровыбивного оборудования (утомляющий шум при работе; отработанный сжатый воздух, повышающий запыленность окружающего воздуха; большой расход сжатого воздуха и др.) пневматические выбивные решетки уступили место механическим выбивным решеткам.

По роду привода современные механические выбивные решетки подразделяются на эксцентриковые с приводом от механизма шатунно-кривошипного типа, инерционные с приводом от вала с дебалансом и ударные инерционные, наносящие снизу удары по установленным неподвижно крупным формам (рис. 5.3).

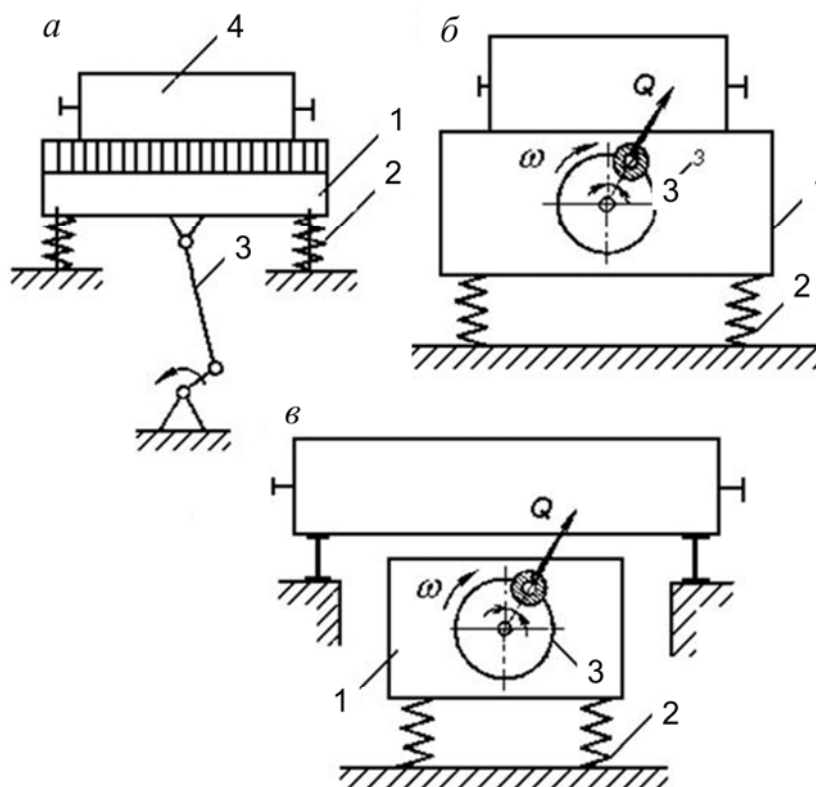


Рис. 5.3. Типы механических выбивных решеток:

a – эксцентриковая; *б* – инерционная; *в* – ударная инерционная; 1 – решетка;
2 – амортизаторы; 3 – привод; 4 – выбиваемая форма

Ударные решетки часто выполняют в виде блока из нескольких единичных решеток (с независимым приводом каждая). Они применяются глав-

ным образом для выбивки крупных форм, которые ставят краном в положение разъемом кверху на проложенные между единичными решетками блока неподвижные опорные балки.

На поточных линиях безопочной формовки выбивка форм происходит таким образом, что безопочные формы автоматически сбрасываются с литейного конвейера и попадают по склизу на механическую выбивную решетку (или же в выбивной барабан типа барабанного сита), где происходит их разрушение и отделение формовочной смеси от отливок.

Установки для автоматической выбивки опочных форм, не имеющих крестовин в нижней опоке, работают напровал. Комплектная форма сталкивается с литейного конвейера на вибрационную механическую раму, расположенную над выбивной механической решеткой, и содержимое формы проваливается из опоки на решетку, на которой формовочная смесь и отделяется от отливки. Привод рамы и решетки выполняется как эксцентриковым, так и инерционным.

При наличии в нижней опоке крестовин выбивка комплектной формы становится невозможной. Поэтому приходится верхние и нижние полуформы выбивать раздельно на двух решетках.

Выбивная эксцентриковая решетка (см. рис. 5.3, а) представляет собой корпус 1, имеющий сверху рабочее полотно, на которое устанавливаются выбиваемые формы 4. Эксцентриковый вал, вращающийся в подшипниках, поднимает корпус решетки на величину эксцентриситета a . Вращение вала передается от электродвигателя. Амплитуда и частота колебаний корпуса определяются эксцентриситетом и угловой скоростью приводного вала. Амплитуда является постоянной величиной, равной двойному эксцентриситету. Дебаланс, устанавливаемый на эксцентриковом валу, служит для динамической балансировки и уменьшения нагрузки на подшипник рамы.

Выбиваемая форма при каждом цикле колебаний решетки подбрасывается кверху и затем, падая, соударяется с решеткой, испытывая в момент соударения силы инерции, разрушающие набивку. Смесь просыпается сквозь отверстия в рабочем полотне, а отливка и опока остаются на нем. Удары корпуса решетки о фундамент смягчаются амортизаторами 2.

На рис. 5.4 показана конструкция типовой выбивной эксцентриковой решетки грузоподъемностью 1,6 т. Основные узлы: полотно 14 решетки, эксцентриковый вал 5, рама 1 и электродвигатель 20.

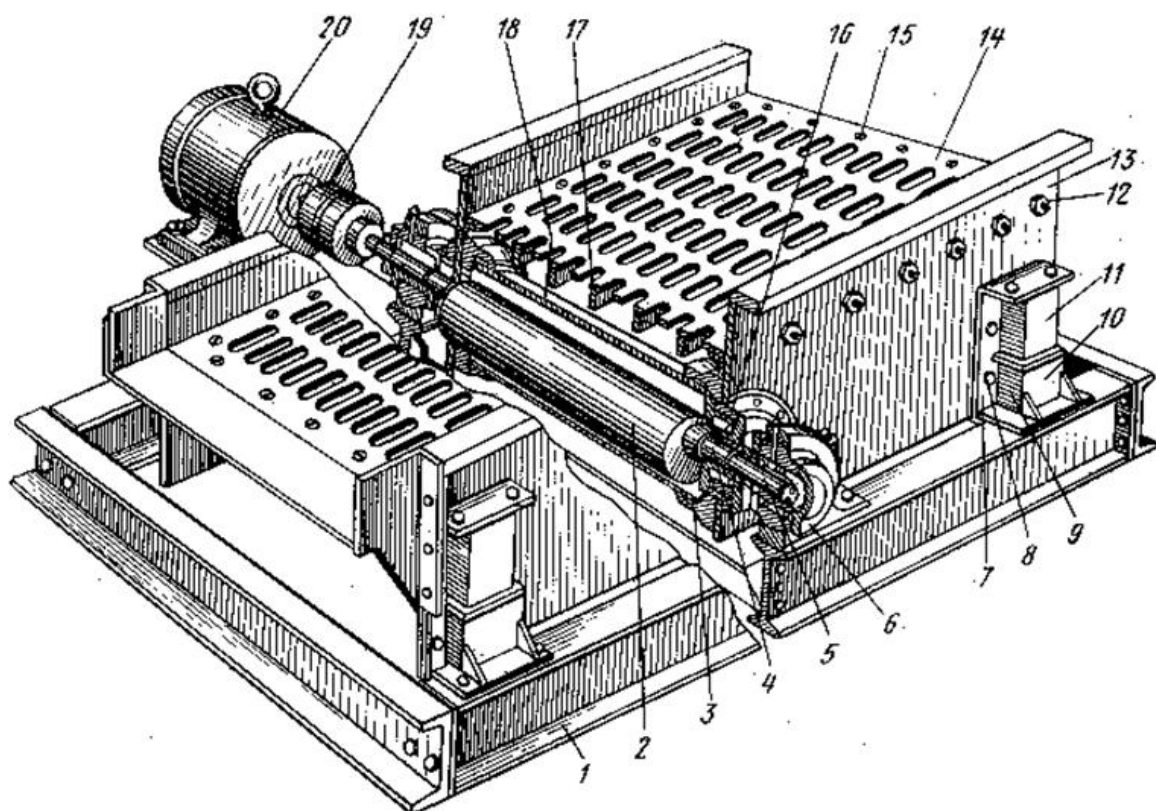


Рис. 5.4. Конструкция выбивной эксцентриковой решетки:

1 – рама; 2 – противовес; 3 – полости с циркулирующей водой; 4 – несущий эксцентрик; 5 – эксцентриковый вал; 6 – подшипники; 7 – скоба; 8 – специальные болты; 9 – нижний амортизатор; 10 – кронштейн; 11 – верхний амортизатор; 12 – установочные болты; 13 – щеки; 14 – полотно решетки; 15 – винты; 16 – подшипники эксцентрикового вала; 17 – каркас; 18 – кожух вала; 19 – муфта; 20 – электродвигатель

Выбивная инерционная решетка (см. рис. 5.3, б) представляет собой корпус 1, установленный на пружинную подвеску 2 заданной жесткости, опирающуюся на раму. На вращающемся в подшипниках инерционном валу установлены закрепленные и переменные грузы, образующие дебаланс. Под действием центробежной силы, возникающей при вращении инерционного вала, и упругой силы подвески корпус решетки и выбиваемая форма получают колебательное движение.

Выбивка на этих решетках, так же как и на эксцентриковых, происходит в результате соударений между опоклой и решеткой. Однако амплитуда здесь непостоянна и зависит не только от параметров решетки, но и от массы выбиваемой формы.

По сравнению с эксцентриковыми решетками инерционные имеют следующие преимущества:

- изменяя величину дебаланса на инерционной решетке, можно легко изменять удельную энергию удара, что дает возможность установить его

необходимое значение в зависимости от показателей выбиваемой формы (типа смеси, твердости и плотности формы, степени ее предварительной подсушки);

- инерционные решетки можно устанавливать на более легком фундаменте, так как пружинная подвеска передает на него возникающие при выбивке усилия и вибрацию значительно ослабленными.

Выбивная инерционно-ударная решетка (см. рис. 5.3, в) отличается от обычной инерционной решетки тем, что форма, подлежащая выбивке, устанавливается не на рабочее полотно корпуса, а на опору, не связанную с решеткой. Корпус решетки, приведенный в колебательное движение инерционным валом, ударяет по форме подобно молоту и разрушает ее. При работе такой решетки может быть применен привод меньшей мощности, чем у эксцентриковой и инерционной решеток.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте механические выбивные решетки.
2. Какие типы выбивных решеток вы знаете?
3. Приведите схему и опишите конструкцию выбивной эксцентриковой решетки.
4. Представьте схему и охарактеризуйте конструкцию выбивной инерционной решетки.
5. Приведите схему и опишите конструкцию выбивной инерционно-ударной решетки.
6. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры выбивных решеток. Используйте примеры расчета 24, 25 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 15 прил. 2.

Глава 20. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫБИВКИ СТЕРЖНЕЙ ИЗ ОТЛИВОК

Операции выбивки отливок из форм и удаления стержней из отливок имеют много общего, так как связаны с разрушением и удалением отработанной смеси. В технологической цепи они следуют одна за другой. При использовании стержней с высокой остаточной прочностью (например, на основе жидкого стекла) в отливках остается значительное количество неразрушенных стержней, и необходимо специальное оборудование для их удаления.

20.1. Вибрационные машины для выбивки стержней

Для механизации выбивки стержней из отливок в современных литейных цехах применяют пневматические вибрационные машины и гидравлические установки.

Вибрационная машина для выбивки стержней (рис. 5.5) представляет собой пневматические тиски, имеющие пружинный упор, расположенный на задней бабке, и второй упор с вибратором, передвигающийся для зажима отливки с помощью пневматического толкателя. Отливка, подвешенная на подъемнике или на кране, зажата между этими двумя упорами, от вибратора получает сотрясения, благодаря которым находящиеся в ней стержни разрушаются и высыпаются из нее.

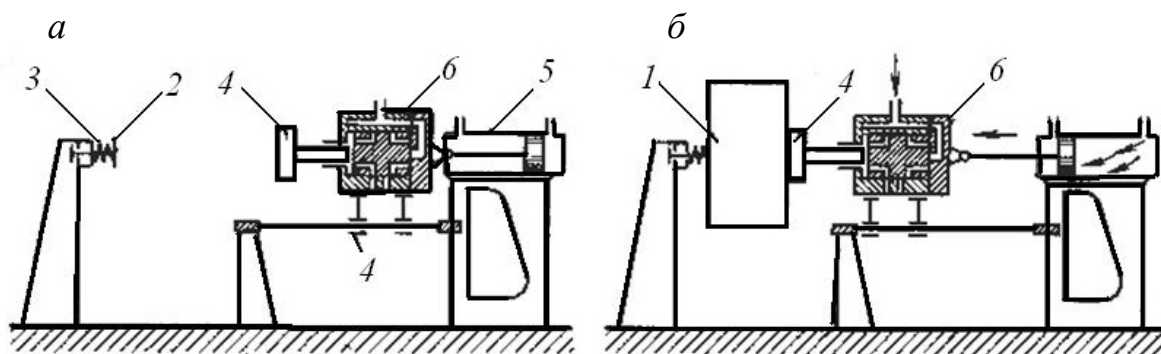


Рис. 5.5. Схема вибрационной машины для выбивки стержней:
а — исходное положение; б — выбивка стержней из отливки; 1 — отливка; 2 — пружинный упор; 3 — пружина; 4 — боек вибратора; 5 — пневматический толкатель; 6 — вибратор

Вибрационные машины применяют главным образом в массовом и крупносерийном производствах. Они хорошо выбивают стержни, имеющие в момент выбивки малую прочность. Глинистые и другие трудноудаляемые стержни на таких машинах выбиваются плохо. Вибрационные машины работают от сети сжатого воздуха под давлением 0,6 МПа. Их производительность составляет до 120 отливок в час.

20.2. Гидравлические установки

Для выбивки стержней из средних и крупных отливок, как правило, массой не менее 400 кг применяют гидравлические камеры. Отливку помещают внутри камеры на вращающемся столе, а рабочий находится вне камеры и направляет на отливку струю воды из гидромонитора, подвижно укрепленного в стенке камеры. Отработанная вода с песком уходит через решетчатый пол камеры и поступает в отстойник, где осветляется для повторного использования. Осажденный в отстойнике промытый песок высушивают и снова используют в качестве формовочного материала.

Такую выбивку иногда называют гидравлической очисткой литья. Однако водная струя не удаляет пригоревшую к отливкам смесь, и после гидравлической обработки часто прибегают еще к дополнительной очистке отливок разными способами (например, к очистке отливок дробью).

По сравнению с выбивкой стержней сухим способом при гидравлической выбивке полностью отсутствует пылеобразование, сохраняются для повторного использования стержневые каркасы и значительно ускоряется процесс удаления стержней.

В зависимости от максимального давления воды все гидроочистные установки разбивают на три класса: низкого давления ($5 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па), высокого ($10 \cdot 10^5 - 20 \cdot 10^5$ Па) и сверхвысокого (свыше $20 \cdot 10^5$ Па). Установки высокого и сверхвысокого давления могут быть дополнительно оборудованы насосной станцией низкого давления, используемой для вымывания и гидротранспортирования разрушенных стержней.

На рис. 5.6 показана типовая гидрокамера с грузоподъемностью стола 30 т. Основные узлы камеры: металлический корпус 1, подъемные площадки 4 (кабины гидромониторщиков) с гидромониторами 2, гидропривод управления мониторами, прожектора 3 для освещения пространства внутри камеры, двери гидрокамеры 7, самоходная тележка 5 с кабелеукладчи-

ком, на которую загружаются отливки, подвергаемые обработке, перекрытие подвала, эстакады *б* с инерционным грохотом, сепаратор, резервуар для пульпы с мешалками, насосы, пневмооборудование, бак для воды, насосная станция высокого давления, электрооборудование.

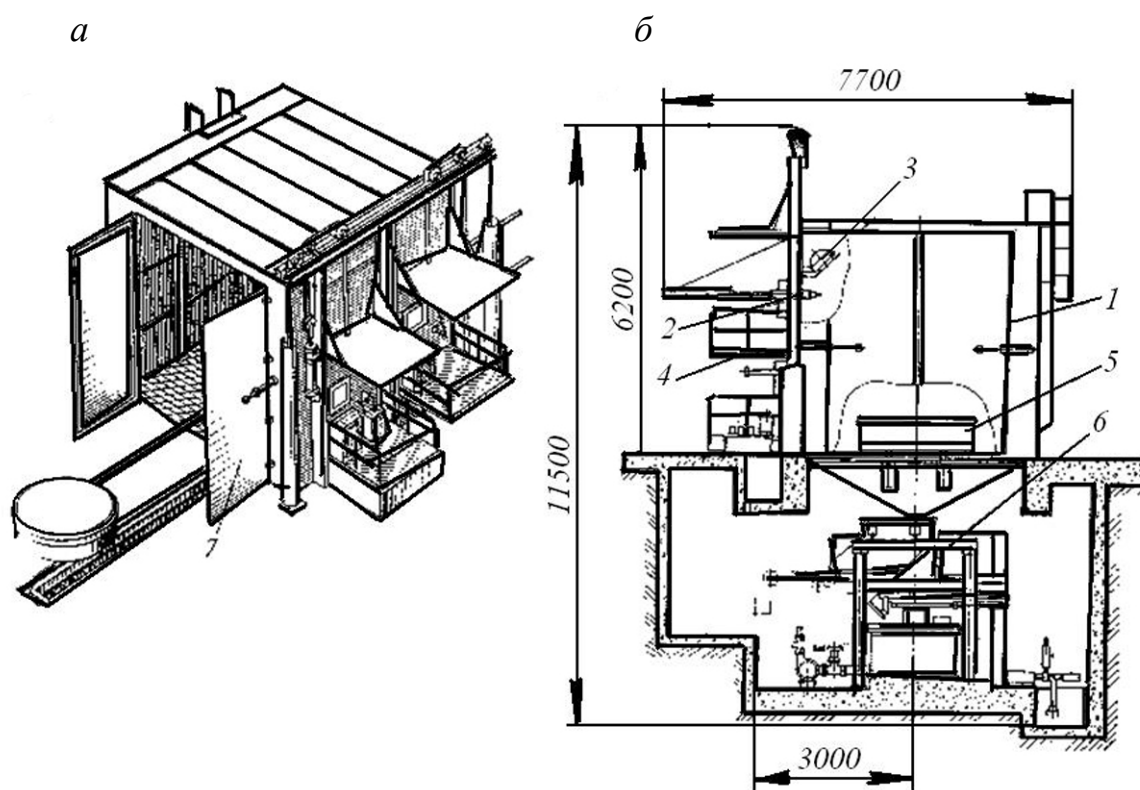


Рис. 5.6. Гидравлическая выбивная камера:

а – общий вид; *б* – схема установки в цехе

Гидромонитор, присоединяемый к трубопроводу установки с помощью гибкого шланга, делают в виде трубы длиной 1–4 м. Диаметр трубы гидромонитора в установках высокого давления (рис. 5.7) принимают из расчета, чтобы отношение ее сечения к проходному сечению сопла было равно 5–5,5. Обычно гидромониторы в таких установках делают диаметром до 25 мм, а в установках низкого давления – до 40–50 мм и более. Скорость струи при выходе из сопла достигает 70–90 м/с. Рекомендуется устанавливать гидромонитор так, чтобы его наконечник находился от выбиваемого стержня на расстоянии 100–150 мм.

Кроме чисто гидравлической обработки отливок струей воды можно применять пескогидравлическую обработку. Разрушающая сила воды с песком гораздо больше, чем разрушающая сила струи воды без песка.

С помощью песчано-водяной струи можно не только выбивать стержни, но и очищать поверхность отливок.

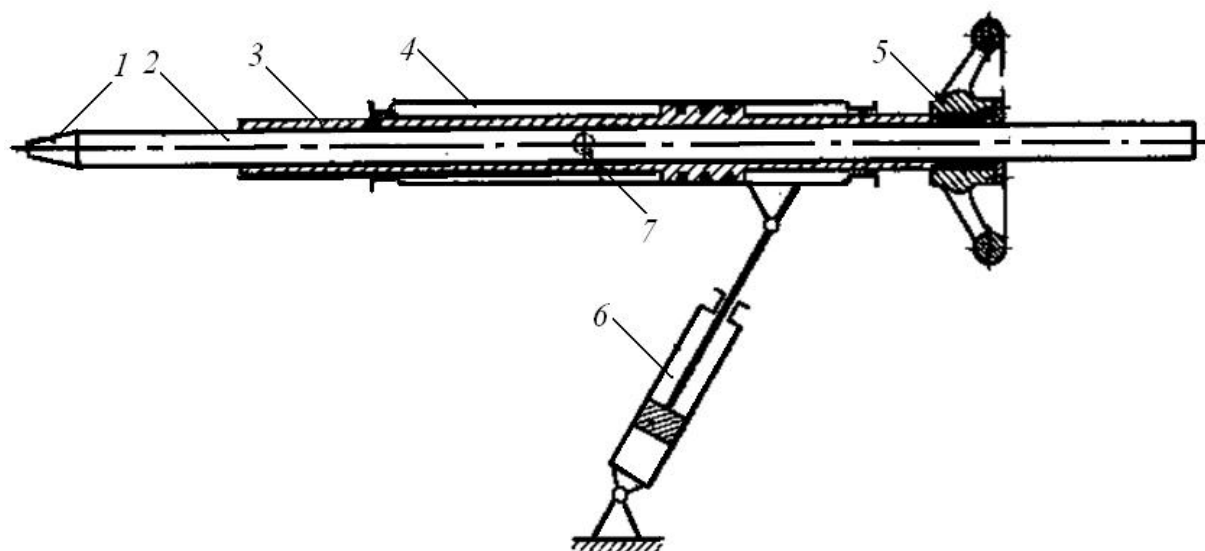


Рис. 5.7. Схема гидромонитора высокого давления:

1 – сопло; 2 – ствол; 3 – поршень; 4 – цилиндр; 5 – цанговый зажим; 6 – гидроцилиндр для качания монитора; 7 – ось качания

Пескогидромонитор, служащий для получения песчано-водяной струи, представляет собой струйный аппарат, работающий по принципу гидравлического элеватора (рис. 5.8). По стволу монитора через находящиеся на его конце выходной насадок и сопло подается вода под высоким давлением (7,5–10 МПа).

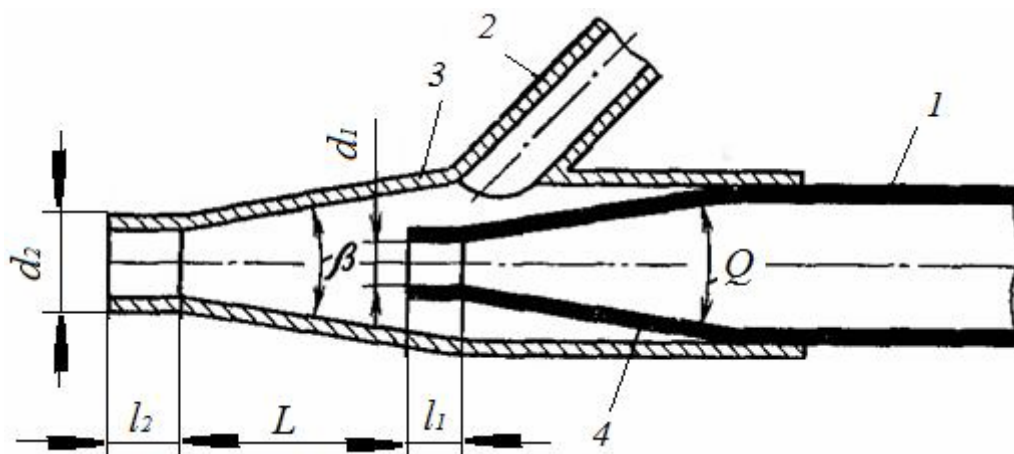


Рис. 5.8. Основные параметры пескогидромонитора:

1 – ствол; 2 – ниппель забора пульпы; 3 – выходной насадок; 4 – входной насадок

Струя воды, выходящая с большой скоростью из сопла, засасывает пульпу, т. е. смесь песка и воды, в смешивательную камеру или в конический

выходной насадок, из отверстия которого уже выходит рабочая песчано-водяная струя.

Исходя из практических данных рекомендуется отношение площадей сечений выходного отверстия и сопла пескогидромонитора $d_2/d_1 = 3 \div 6$. Длина цилиндрической части сопла составляет $l_1 = 1 \div 1,2 d_1$, а длина выходного насадка – $l_2 = 2,5 \div 3 d_2$. Угол конусности сопла $\theta = 10 \div 13^\circ$, выходного насадка – $\beta = 13 \div 15^\circ$. Консистенция пульпы при давлении 5–15 МПа: 50 % песка и 50 % воды по объему на входе в пескогидромонитор. Выходящая из пескогидромонитора рабочая струя при этом содержит 15 % песка.

Комбинированная пескогидравлическая установка модели 385 предназначена для выбивки стержней и очистки поверхности крупных сложных отливок массой до 60 т. Она представляет собой камеру с двумя воротами, через которые по очереди могут въезжать по рельсам самоходные электротележки с отливками. Крыша камеры имеет раздвигающиеся створки, позволяющие опустить в нее отливку краном.

Обработка отливок производится восемью мониторами: шестью гидромониторами и двумя пескогидромониторами. Гидромониторы служат для выбивки стержней, а пескогидромониторы – для очистки поверхности отливок. Отливка при обработке поворачивается на приводном поворотном столе, имеющемся на тележке и управляемом дистанционно из кабины камеры.

Гидрокамеры применяют для удаления стержней прочностью не более 15 кН/м^2 . Для удаления стержней большей прочности используют электрогидравлические установки.

20.3. Электрогидравлические установки

Электрогидравлический способ выбивки стержней из отливок основан на том, что при электрическом искровом пробое жидкости в ней возникают ударные волны и происходят перемещения жидкости, вызывающие интенсивную вибрацию отливок в очень широком диапазоне частот. В результате различия модулей упругости и частоты собственных колебаний отливок и стержневых смесей на границе раздела «металл – стержневая смесь» возникают растягивающие напряжения, приводящие к разрушению стержня. Интенсивные перемещения жидкости в зоне разряда и вибрации отливок обеспечивают эффективное удаление остатков разрушенных стержней.

Электрогидравлическую установку размещают в отдельном помещении литейного цеха. Основные узлы агрегатов и систем установки: рабочий бак 4 с фундаментной рамой, механизм подъема контейнера 6, контей-

нер со съемными поддонами, самоходная тележка и рельсовый путь 3, подвижный мост 1 с его эстакадой, электрод 2 с механизмами горизонтального и вертикального перемещения, генератора импульсов тока 9 и системы блокировок, кабина оператора с пультом управления 7, система шламоудаления 5, система вентиляции 10 и система водопроводов 8 (рис. 5.9).

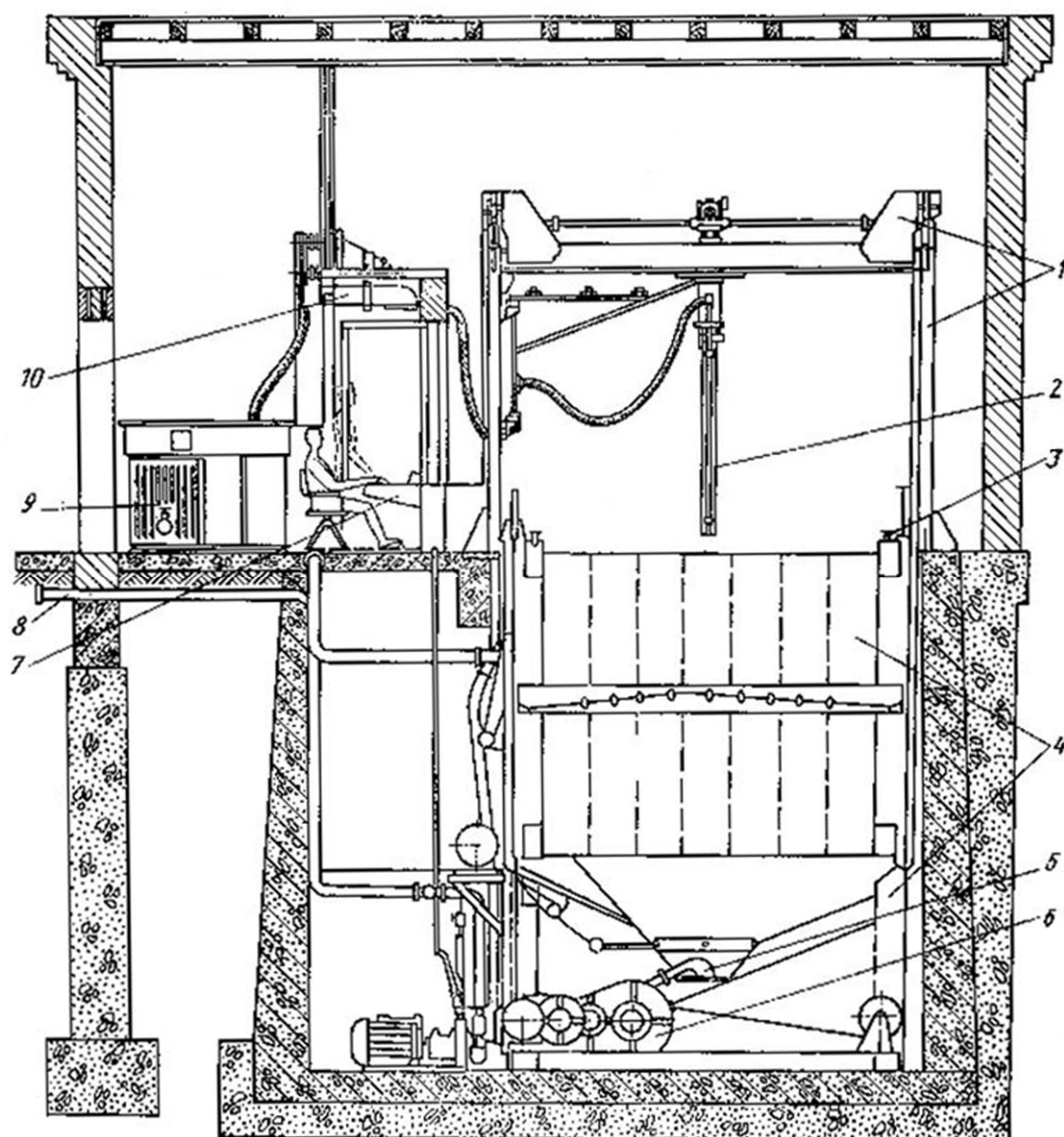


Рис. 5.9. Общий вид электрогидравлической установки для выбивки стержней из отливок

Импульсы тока формируются в генераторах, состоящих из выпрямителя-трансформатора, импульсных конденсаторов и разрядника (рис. 5.10).

Очищаемые отливки цеховыми грузоподъемными средствами загружаются в контейнер, установленный на самоходной тележке. Тележка на-

катывается на раму подъемника, находящегося над рабочим баком. Механизм подъема снимает загруженный отливками контейнер с тележки и опускает его в рабочий бак, заполненный водой.

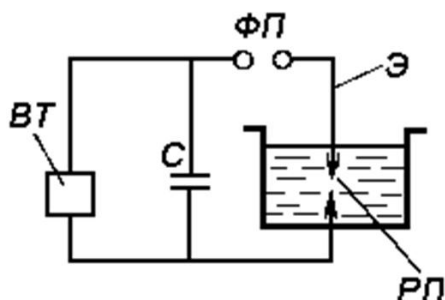


Рис. 5.10. Электрическая схема электрогидравлической установки:

VT – выпрямитель-трансформатор; *ФП* – формирующий промежуток; *РП* – рабочий промежуток; *Э* – электрод; *С* – конденсатор

Специальный электрод, закрепленный на подвижном мосту, с помощью механизмов может перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях, что позволяет ему находиться в любой точке рабочего бака по команде оператора. Между электродом и отливкой в воде происходит электрический разряд, сопровождаемый комплексом физических явлений, которые обеспечивают выбивку стержней из отливок и очистку их от остатков смеси. Шлам, проваливаясь сквозь решетчатое дно контейнера, поступает в зумпфы бака и удаляется шламовыми насосами.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие основные типы оборудования для выбивки стержней из отливок вы знаете?
2. Охарактеризуйте пневматические вибрационные машины для выбивки стержней.
3. Приведите схему и опишите конструкцию гидравлической установки для выбивки стержней.
4. Приведите схему и охарактеризуйте конструкцию электрогидравлической установки.
5. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры гидромонитора. Используйте пример расчета 26 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 16 прил. 2.

Глава 21. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТЛИВОК

Выбор технологического процесса очистки отливок и оборудования определяется характером производства (единичное, серийное, массовое) и характеристикой очищаемых отливок (масса, состояние поверхности, форма). На выбор технологического процесса влияет также род покрытия, которое в дальнейшем будет наноситься на отливку (окраска, эмалирование, гальваническое покрытие и т. п.).

В настоящее время наиболее распространены универсальные методы очистки отливок: в галтовочных барабанах, струей металлических абразивов (дробеметная и дробеструйная), вибрационная очистка. В отдельных случаях применяют химическую и электрохимическую очистку отливок.

21.1. Очистка отливок в галтовочных барабанах

В простых вращающихся барабанах, называемых также галтовочными, очистка отливок производится путем их взаимного трения. Для усиления эффекта очистки в барабан вместе с отливками загружают звездочки размером обычно 20–65 мм, отлитые из белого чугуна, которые своими острыми концами скребут отливки и ускоряют их очистку. Звездочки рекомендуется загружать в количестве 30–35 % от массы отливок.

Общий вид *галтовочного барабана периодического действия* приведен на рис. 5.11. Он состоит из рамы со стойками 7, рабочей обечайки 2 барабана, которая подвешена на цапфах 4, установленных в подшипниках 3, расположенных на стойках рамы.

В обечайке барабана имеется загрузочный люк, закрываемый крышкой 1 с замками. Отсасывание пыли обеспечивается через патрубок пылеотсоса 5, присоединяемый к цапфе барабана и к цеховой вентиляции. Привод барабана осуществляется от электродвигателя через редуктор 6. Для загрузки отливок барабан может быть оснащен скиповым подъемником 8.

Для очистки мелких простых отливок обычно применяют барабаны круглого сечения. Круглый барабан загружают отливками на 70–80 %. Во время вращения барабана они перекатываются, трутся друг о друга, о звездочки и очищаются. Продолжительность вращения барабана для одной загрузки составляет 0,5–1,5 ч в зависимости от величины пригара отливок.

При очистке в круглом барабане происходит одновременно и выбивка простых стержней из отливок.

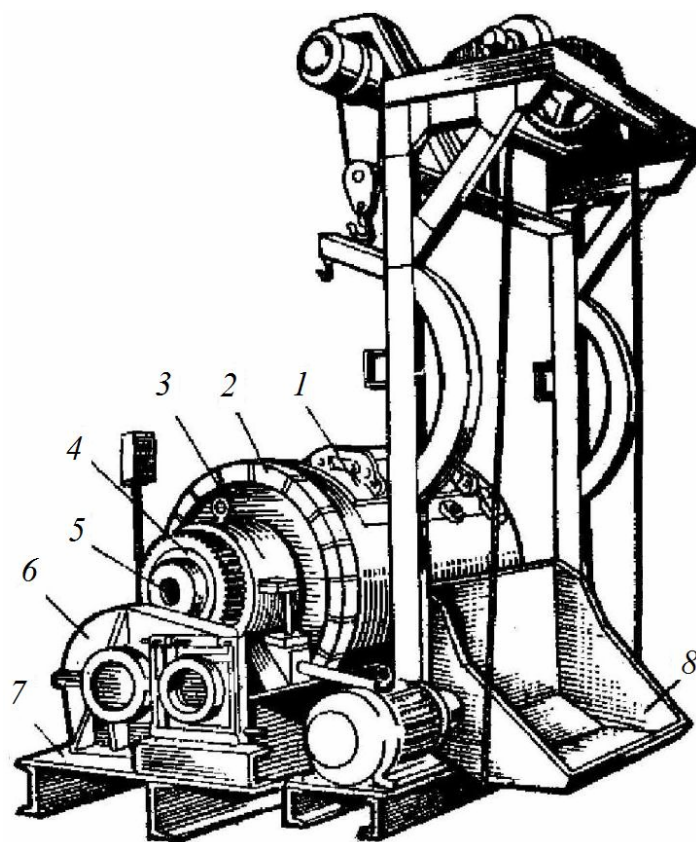


Рис. 5.11. Общий вид очистного галтовочного барабана периодического действия

Кроме круглых имеются также простые вращающиеся барабаны квадратного сечения, применяемые для очистки отливок, форма которых приближается к параллелепипеду. Отливки в квадратный барабан загружают не навалом, а аккуратно укладывают, заполняя весь объем барабана. Перемещение отливок в квадратном барабане при его вращении весьма незначительно, а очистка происходит в основном за счет циркуляции звездочек. В настоящее время такие барабаны применяются очень ограниченно.

Очень важным является выбор частоты вращения простого круглого барабана для очистки отливок. Для возрастания количества контактов и скоростей скольжения отливок желательно частоту вращения барабана увеличить. Однако с повышением частоты вращения возрастает центробежная сила, прижимающая отливки одна к другой или к стенкам барабана. При слишком быстром вращении центробежная сила может возрасти до такой величины, что разность между ней и массой отливки станет не-

достаточной для преодоления сопротивления взаимному скольжению отливок. При этом процесс очистки отливок прекратится.

Путем анализа режима хорошо работающих барабанов установлено эмпирическое правило: центробежная сила отливки на внутренней поверхности барабана не должна превышать половины ее массы для большинства барабанов с внутренним диаметром свыше 700 мм. Только для малых барабанов с внутренним диаметром менее 700 мм центробежная сила должна составлять около 0,6 массы отливки.

Исходя из этого для барабанов с диаметром $2R \geq 0,7$ м имеем

$$m = \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 R \leq 0,5mg,$$

где m – масса отливки;

n – частота вращения барабана, об/мин;

g – ускорение силы тяжести; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Отсюда получаем формулу для определения оптимальной частоты вращения барабана, об/мин:

$$n \leq \frac{21,2}{\sqrt{R}}.$$

Точно так же для небольших барабанов с диаметром $2R < 0,7$ м имеем

$$n \leq \frac{23,1}{\sqrt{R}}.$$

Галтовочный барабан непрерывного действия (рис. 5.12) устроен следующим образом. Он установлен под небольшим углом к горизонту (4–10°), благодаря чему отливки вместе со звездочками движутся вдоль его оси. Угол наклона α можно регулировать, изменяя время пребывания отливок в барабане.

Подлежащие очистке отливки непрерывно загружаются в барабан пластинчатым конвейером по наклонному лотку, а очищенные отливки непрерывно выходят из барабана с другого его конца. Звездочки вместе со счищенной с отливок смесью на выходном конце барабана проваливаются в кольцевое пространство между внутренней и наружной стенками барабана. Здесь имеются винтовые лопасти, транспортирующие звездочки при вращении барабана назад к его загрузочному концу. Смесью по пути просеивается через мелкие отверстия в наружной стенке барабана и собирается в бункере. Звездочки, дойдя до загрузочного конца барабана, поднима-

ются лопатками 4 и подаются на лоток 5, по которому вместе с загружаемыми отливками вновь попадают в рабочее пространство барабана.

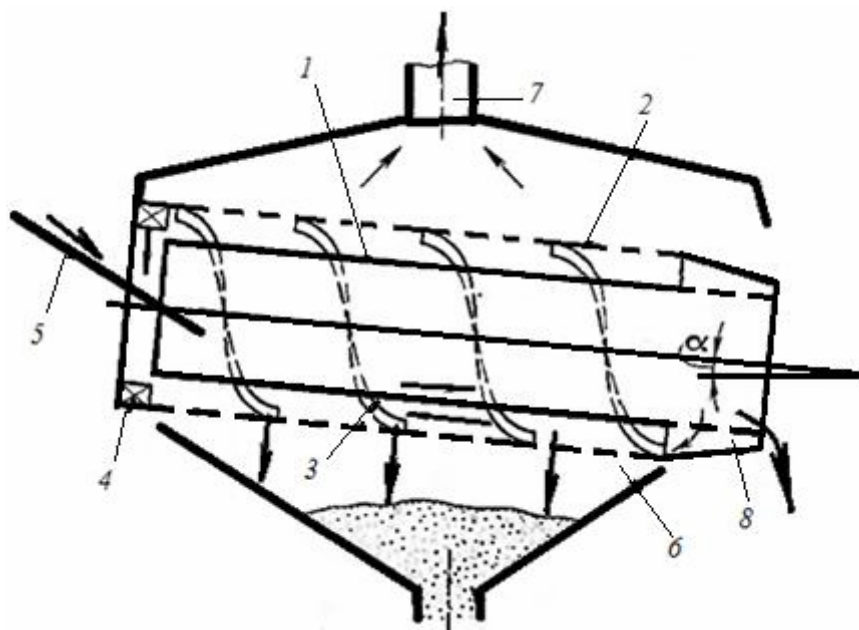


Рис. 5.12. Принцип работы галтовочного барабана непрерывного действия:

1 – внутренняя обечайка; 2 – наружная обечайка; 3 – винтовые лопасти для возврата звездочек; 4 – лопатки для подачи звездочек на загрузочный лоток для отливок; 5 – загрузочный лоток; 6 – сборник для песка; 7 – отсос пыльного воздуха; 8 – выход отливок

В современных условиях производства наиболее широко применяются галтовочные барабаны периодического действия.

21.2. Дробеметная очистка отливок

Пневматическая пескоструйная и дробеструйная очистка отливок сопровождается большим пылеобразованием. Струя сжатого воздуха, несущая абразив (песок или чугунную дробь), которая направляется на отливку, настолько сильно раздувает образующуюся при очистке пыль, что она не отсасывается полностью интенсивными местными отсосами и распространяется в помещении. Вследствие этого дробеструйная и особенно пескоструйная пневматическая очистка отливок в современных литейных цехах не применяются или используются в редких случаях. Вместо них применяют механическую дробеметную очистку потоком дроби, выбрасываемой на отливки быстровращающимся лопаточным колесом. Дробь используют чугунную и стальную, литую и колотую преимущественно размерами 0,8–2,5 мм.

Принцип действия *дробеметного колеса* (рис. 5.13) заключается в том, что дробь подается самотеком из воронки *1* на лопатки *2* распределительного колеса (импеллера), вращающегося вместе с основным лопаточным колесом. Распределительное колесо закручивает поток дроби и выбрасывает его через окно *3* неподвижной втулки, ограждающей колесо и укрепленной на кронштейне с помощью прижимной планки с винтом. Дробь, вылетая из окна втулки распределительного колеса наружу, подхватывается рабочими лопатками основного колеса, которые укреплены между двумя дисками, стянутыми распорными болтами. Под действием центробежной силы дробь скользит по рабочим лопаткам колеса от центра к периферии и выбрасывается с большой скоростью вниз в виде веера.

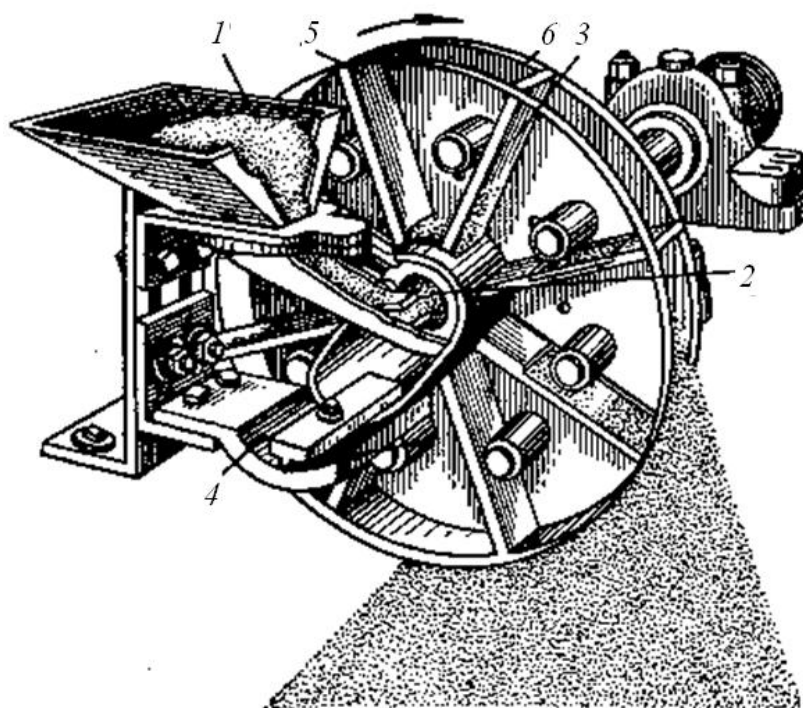


Рис. 5.13. Принцип действия лопаточного дробеметного колеса:

- 1* – воронка с дробью; *2* – лопатка распределительного колеса (импеллера);
3 – окно во втулке распределительного колеса для выхода дроби; *4* – втулка (труба),
ограждающая импеллер; *5* – рабочие лопатки колеса;
6 – диски колеса

Устанавливая и закрепляя втулку *4* распределительного колеса в различных положениях, можно изменять направление выбрасывания дроби распределительным колесом через окно втулки, а следовательно, и направление выбрасывания дроби на отливку (рис. 5.14).

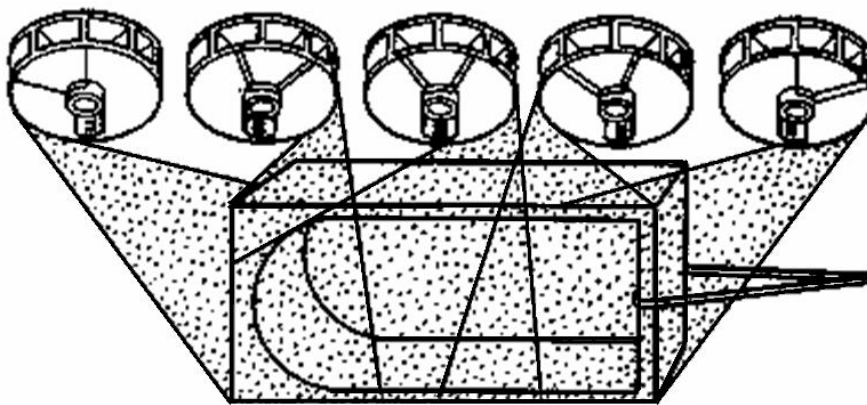


Рис. 5.14. Принцип регулирования направления выбрасывания дробы лопаточным колесом

Основное преимущество механической дробеметной очистки в технологическом отношении – получение высокой степени чистоты поверхности отливки, а в экономическом отношении – в несколько раз меньший расход энергии по сравнению с пневматической пескоструйной и добеструйной очисткой.

21.3. Типы дробеметных аппаратов и машин

Дробеметный аппарат состоит из дробеметного колеса и электродвигателя, приводящего колесо во вращение обычно клиноременной передачей. Основным типом дробеметного аппарата является двухдисковый дробеметный аппарат с импеллером (см. рис. 5.13). Диаметр колеса 500 мм; частота вращения 2259 об/мин; количество выбрасываемой дробы – до 130 кг/мин; расход (потеря) дробы – от 2–3 кг до 4–7 кг на 1 т очищаемых отливок. Мощность электродвигателя для привода колеса составляет 11,4 кВт.

На основе этой модели был создан аналогичный базовый дробеметный аппарат модели 393М с теми же размерами и производительностью по дробы, имеющий частоту вращения 2450 об/мин и мощность приводного двигателя 14 кВт. Кроме того, разработана гамма дробеметных аппаратов повышенной производительности с количеством выбрасываемой дробы 160, 250, 400, 630 и 1250 кг/мин.

Дробеметные машины, применяемые для очистки отливок, можно разделить на дробеметные барабаны, дробеметные столы и дробеметные камеры.

Дробеметный ленточный барабан. Такой барабан имеет рабочее пространство для очистки отливок, цилиндрическая часть которого образуется движущимся полотном пластинчатого конвейера, а торцы – двумя дисками, свободно вращающимися на своих цапфах (рис. 5.15). Над бара-

баном установлено дробеметное лопаточное колесо, бросающее дробь на находящиеся в барабане отливки. С передней стороны кожух барабана закрыт крышкой.

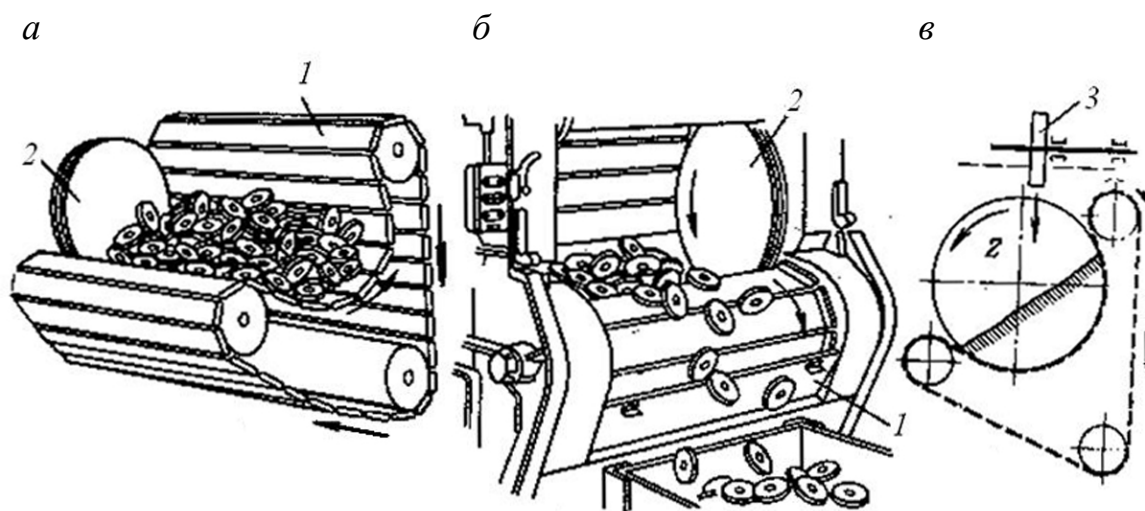


Рис. 5.15. Принцип работы ленточного дробеметного барабана периодического действия:

а – направление движения полотна пластинчатого конвейера во время очистки отливок;
б – то же при разгрузке барабана; *в* – размещение дробеметного аппарата;
1 – пластинчатый конвейер; *2* – торцовые диски; *3* – дробеметное колесо

Отливки в барабан загружают порциями и после очистки выгружают. Для выгрузки отливок из ленточного барабана его пластинчатый конвейер пускают задним ходом, и отливки выпадают из барабана в поставленный ящик.

Дробеметные ленточные барабаны широко применяются в литейных цехах для очистки мелких отливок, а также в кузнечных цехах для очистки поковок от окалины. Такие барабаны имеют емкость загрузки до 5 т. Цикл очистки отливок одной загрузки составляет 10–15 мин.

На рис. 5.16, *а* показан принцип действия *дробеметного барабана непрерывного действия Харьковского тракторного завода (ХТЗ)*. Он представляет собой две короткие секции ленточного дробеметного барабана, скомбинированные с тремя примыкающими к ним короткими обечайками, или секциями, обыкновенного круглого вращающегося барабана.

Ленточные секции имеют полотна пластинчатого конвейера, аналогичные полотнам ленточного барабана. На этих участках барабана и происходит очистка отливок с помощью двух дробеметных аппаратов, расположенных сбоку (рис. 5.16, *б*).

Примыкающие к ленточным участкам секции простого барабана вращаются на роликах (рис. 5.16, в). Эти три промежуточные секции имеют внутри поставленные под углом к оси барабана лопатки. При вращении данных секций отливки вследствие наклона лопаток перемещаются в осевом направлении, и таким образом осуществляется их движение вдоль барабана. Отливки в этих секциях не подвергаются очистке.

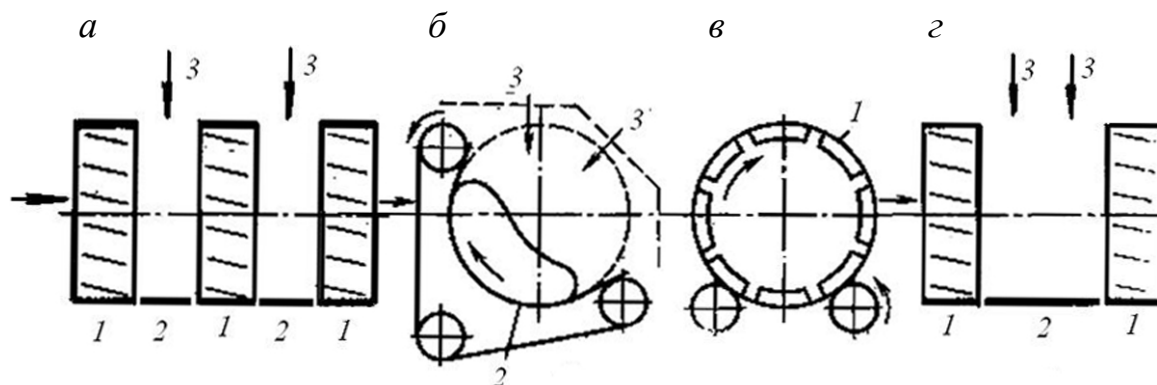


Рис. 5.16. Принцип работы

дробебетных аппаратов непрерывного действия:

а – схема ХТЗ; *б* – сечение ленточной дробебетной секции; *в* – сечение глухой (простой круглой вращающейся) секции; *г* – схема заводов «Шкода» и «Кунерт»; 1 – простая (глухая) секция; 2 – ленточная секция; 3 – дробебетные аппараты

На рис. 5.16, *г* показана схема *дробебетного барабана непрерывного действия завода «Шкода»*. Отличие его от барабана ХТЗ состоит в том, что вместо трех здесь имеется всего две секции простых вращающихся барабанов с наклонными лопатками, в начале и в конце барабана. Средняя же, ленточная, часть барабана сделана более длинной, что позволяет эффективно осуществлять на ней дробебетную очистку отливок.

Дробебетные барабаны непрерывного действия изготавливают также со сплошной обечайкой, вращающейся на роликах, с лопатками внутри для продвижения отливок в осевом направлении и с двумя дробебетными колесами, бросающими дробь на отливки через открытые торцы барабана. В дробебетных барабанах непрерывного действия очищаются мелкие отливки массой до 20 кг.

Дробебетный стол. Дробебетный круглый вращающийся стол представляет собой карусель, непрерывно вращающуюся около вертикальной оси (рис. 5.17). Часть этой карусели (или стола) находится снаружи кожуха, и на ней укладывают подлежащие очистке отливки. Остальная часть стола находится внутри кожуха, в зоне очистки, которая производит-

ся с помощью одного или двух дробеметных барабанов, установленных на крышке кожуха над отливками. Передняя стенка кожуха имеет ленточную резиновую занавеску для пропуска отливок, перемещающихся при вращении стола внутрь кожуха, и в то же время для изоляции рабочего пространства от вылета дробинки.

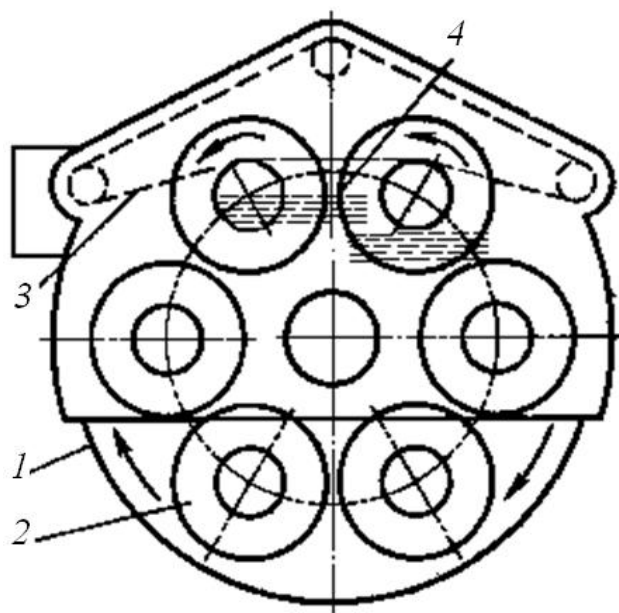


Рис. 5.17. Принцип работы дробеметного круглого вращающегося стола:
 1 – вращающийся стол; 2 – тарелки (рабочие столики); 3 – цепь для привода тарелок;
 4 – зона очистки (размещение дробеметных аппаратов на крышке кожуха)

Для равномерной обработки отливок потоками выбрасываемой дробеметными колесами дроби основной (большой) вращающийся стол машины снабжен несколькими дополнительными маленькими столиками, или тарелками, которым в зоне очистки сообщается принудительное планетарное вращение с помощью цепной передачи. Отливки для очистки укладываются на эти тарелки. Пропустив отливки один раз через зону очистки, рабочий переворачивает их обратной стороной и пропускает еще раз.

Дробеметные камеры. Бывают камеры непрерывного и периодического действия. Через рабочее пространство камеры непрерывного действия очищаемые отливки транспортируют с помощью какого-либо конвейера непрерывным потоком. Отливки при этом подвергаются очистке дробью, выбрасываемой на них в разных направлениях несколькими дробеметными аппаратами, которые смонтированы на стенках камеры.

Чаще всего применяют *дробеметные камеры непрерывного действия* с подвесными конвейерами, на крюках которых подвешиваются по од-

ной или по несколько штук подлежащие очистке отливки (рис. 5.18, *a*). Такие камеры удобны в условиях поточно-массового производства для очистки средних по величине отливок (типа блоков цилиндров автомобильных моторов). Производительность камер составляет обычно 50–60 отливок в час. Часто подвески конвейеров таких камер имеют принудительное вращение в зоне очистки (рис. 5.19), что способствует более равномерной очистке отливок со всех сторон.

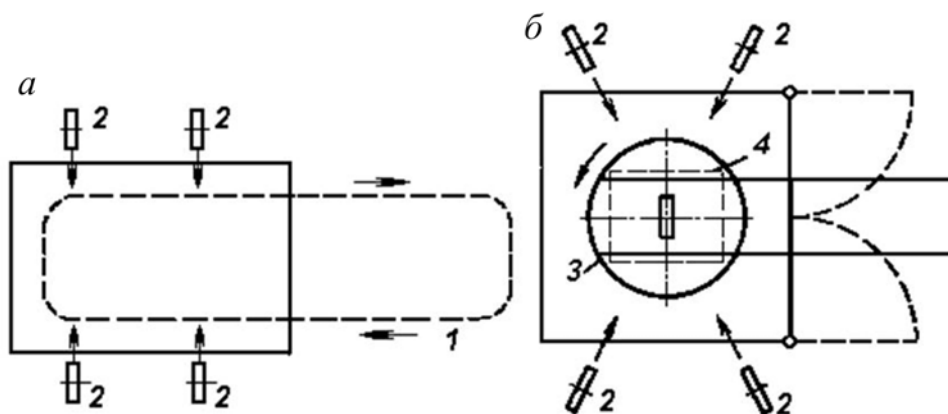


Рис. 5.18. Принцип работы дробеметных камер:
a – непрерывного действия; *б* – периодического действия; 1 – подвесной конвейер;
 2 – дробеметные колеса; 3 – поворотный круг; 4 – тележка

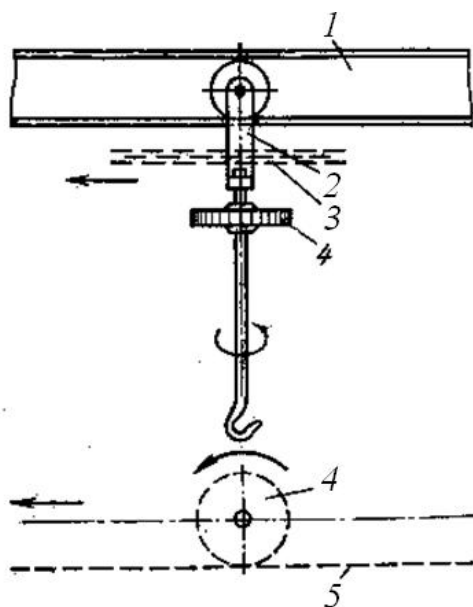


Рис. 5.19. Принцип устройства подвески конвейера
 камеры непрерывного действия с вращением в зоне очистки:
 1 – подвесной путь конвейера; 2 – подвеска; 3 – тяговая цепь; 4 – звездочка;
 5 – неподвижная цепь или рейка

Дробеметная камера периодического действия (рис. 5.18, б) имеет дробеметные аппараты, размещаемые на стенках и на крыше камеры. На полу камеры расположен приводной вращающийся круг, на который отливку помещают на самоходной тележке через двери камеры. Дробеметные камеры периодического действия применяют для очистки средних и крупных отливок в условиях разносерийного производства.

21.4. Дробеструйная очистка отливок

Отливки, имеющие глубокие внутренние карманы и обширные полости, в которые трудно направить струю дроби из дробеметного аппарата, подвергают дробеструйной очистке, хотя энергетические затраты при ней в несколько раз выше, а санитарно-гигиенические условия работы хуже.

Для придания скорости струе дроби используют всасывающие и нагнетательные дробеструйные аппараты (рис. 5.20).

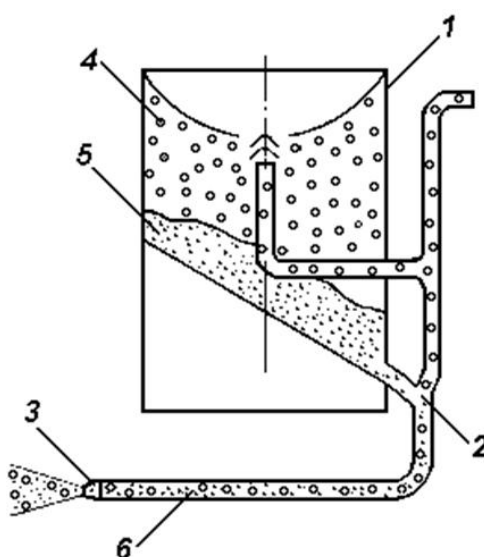


Рис. 5.20. Схема дробеструйного аппарата:

1 – герметичный бак; 2 – смесительная камера; 3 – рабочее сопло; 4 – сжатый воздух;
5 – абразив; 6 – воздух с абразивом

Аппарат имеет герметично закрываемый бак, в котором под давлением сжатого воздуха находится дробь. Под действием силы тяжести и давления сжатого воздуха, которое в баке выше, чем в смесительной камере, дробь подается в последнюю и увлекается оттуда через шланг к рабочему соплу. Для пополнения бака дробью перекрывают поток сжатого воздуха в полость и соединяют ее с атмосферой. При этом клапан опуска-

ется, и дробь из загрузочной воронки через верхнюю камеру под действием силы тяжести попадает в полость бака. Для обеспечения непрерывности работы аппарата его делают двухкамерным.

21.5. Специальные способы очистки отливок

Электрохимическая очистка. Для отливок с экранированными внутренними полостями и некоторых других дробеметная очистка не дает необходимого качества очищения поверхности. Некоторые отливки не позволяют применить очистку дробью. В этих случаях эффективна электрохимическая очистка. Она состоит в следующем. Отливки 2 загружают в ванну 1, заполненную расплавленным механическим каустиком (рис. 5.21), вследствие чего образующие пригар оксиды железа (Fe_2O_3 , Fe_3O_4) и силикаты (SiO_2 , Fe_2SiO_4) вступают в химическое взаимодействие с основной средой ванны (NaOH , NaOH , KOH). Для интенсификации химической реакции к ванне подводится постоянный ток. Сочетание химического воздействия с электрохимическим обеспечивает высокую степень очистки поверхности. Отливка соединена с положительным полюсом генератора Γ посредством специальной контактирующей подвески 3, а стенки ванны – с отрицательным полюсом. Плотность тока регулируется бесконтактным регулятором $Б$.

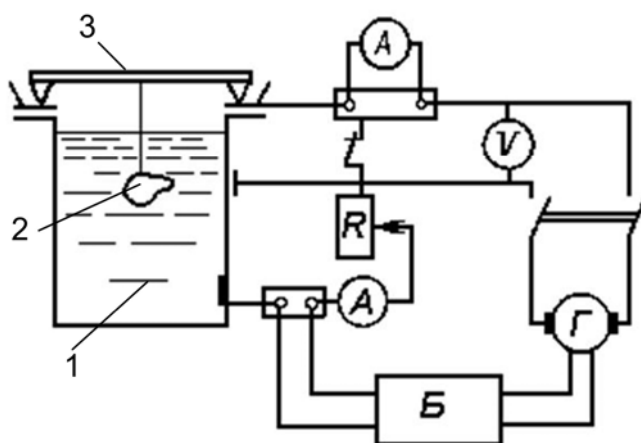


Рис. 5.21. Принципиальная схема ванны для электрохимической очистки отливок

Вибрационная очистка. Для очистки мелких отливок от пригара и окалины, особенно отливок из цветных сплавов, полученных в кокилях и литьем под давлением, и одновременного удаления тонких заливов, при-

тупления острых кромок и заусенцев все больше применяют вибрационную обработку свободным абразивом.

На рис. 5.22 показана схема вибрационной очистной машины.

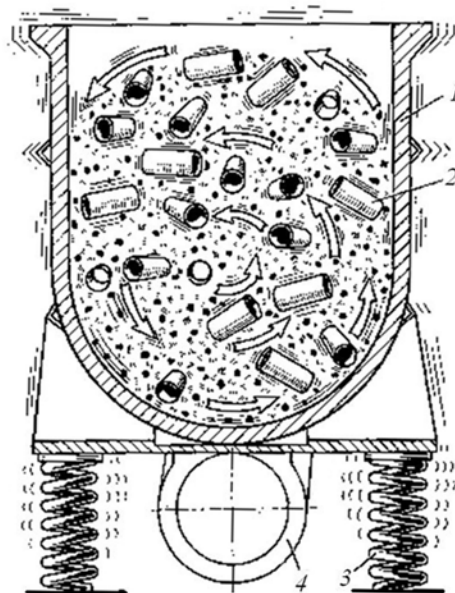


Рис. 5.22. Схема вибрационной машины для очистки отливок

В контейнер 1 загружаются очищаемые отливки 2 вместе с абразивным материалом (специальные звездочки из белого чугуна или керамики, бой шлифовальных кругов, крупная дробь и т. п.). Контейнер, установленный на пружинах 3, приводится в вибрационное движение с помощью инерционного вибратора 4, вращаемого электродвигателем. Отливки и абразивный материал имеют различную массу, получают разные ускорения и перемещаются друг относительно друга. В процессе взаимного трения абразивного материала и отливок происходит очистка последних.

Контрольные вопросы и задания

1. Чем определяется выбор технологии очистки отливок и технологического оборудования?
2. Обоснуйте выбор технологии очистки отливок в галтовочных барабанах.
3. Приведите классификацию галтовочных барабанов.
4. Опишите конструкцию барабанов непрерывного и периодического действия.
4. Приведите конструкции и укажите типы дробеметных машин.

5. Опишите конструкции и назовите типы дробеструйных аппаратов.
6. Охарактеризуйте специальные методы очистки отливок (электрохимическая, электротермомеханическая, вибрационная, газопламенная и электрогидравлическая).
7. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры галтовочных барабанов. Используйте примеры расчета 27, 28 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 17 прил. 2.
8. Для отработки практических навыков выбора и расчета литейного оборудования выполните следующее задание. Определите основные конструктивные параметры дробеметного аппарата. Используйте пример расчета 29 прил. 1. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 18 прил. 2.

РАЗДЕЛ 6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРУБКИ, ЗАЧИСТКИ И ОКРАСКИ ОТЛИВОК

После очистки отливки подвергают ряду операций, к которым относятся отделение элементов литниковых систем, удаление заливов, исправление поверхностных дефектов. Для выполнения этих операций применяют разнообразное оборудование, основанное на механическом (ударном, режущем и абразивном) и термическом воздействии на металл. К отделочным операциям относится также и окраска (грунтовка) отливок.

Глава 22. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

22.1. Рубильные молотки

При удалении с поверхности отливок заливов, элементов литниковых систем, перекосов, ужимин применяют пневматические рубильные молотки. Для обрубки отливок используют главным образом молотки золотникового типа. Молотки с коротким ходом (до 100 мм) применяют для легкой обрубки тонких заливов и небольших дефектов отливок, молотки с длинным ходом – для обрубки тяжелых приливов и заливов.

Устройство пневматического рубильного молотка показано на рис. 6.1. В стволе 1 помещается ударник 2, который под действием сжатого воздуха совершает возвратно-поступательное движение, нанося удары по хвостовику рабочего инструмента 3 (зубила). Течение воздуха переключается автоматически золотником 4. Для пуска молотка следует нажать курок 5, находящийся на рукоятке 6. Шланг для подвода сжатого воздуха прикрепляется к молотку с помощью резьбового ниппеля, ввинчиваемого в отросток рукоятки молотка, и футорки. Для исключения проникновения в молоток вместе со сжатым воздухом грязи, пыли и посторонних примесей в футорку закладывают сетку, которая их задерживает. Проникновение в молоток загрязненного сжатого воздуха снижает его работоспособность, вызывает повышенное изнашивание деталей.

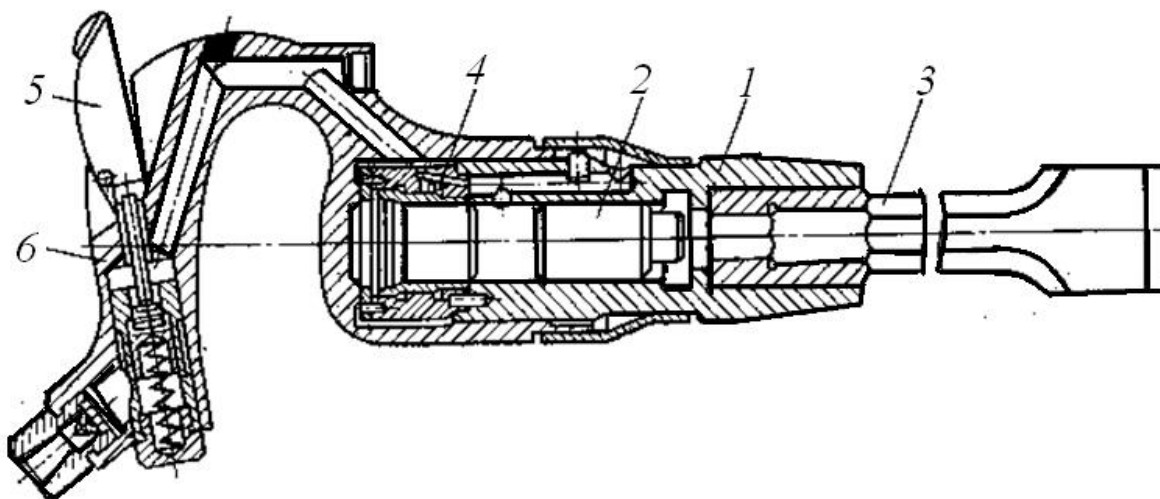


Рис. 6.1. Пневматический рубильный молоток

Существенное значение имеет выбор формы зубила для определенной операции обрубки. Высокую стойкость при работе имеют зубила из стали марок 4ХС, 6ХС. Рабочая кромка зубила должна иметь твердость 58–61 HRC.

22.2. Механическое отделение элементов ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Для отрезки прибылей стальных и чугунных отливок, особенно прибыльной части небольших слитков и болванок, используют *ножовочные станки*. На таких станках разрезку можно выполнять не только в плоскости, перпендикулярной оси заготовки, но и под углом 45° . В целях повышения производительности применяют ножовочные станки с бесконечной лентой.

Ленточные пилы предназначены для отрезки литников и питателей отливок, главным образом из алюминиевых и магниевых сплавов. Так, для отрезки литника из алюминиевого сплава диаметром 50 мм требуется 6–8 с; время отрезки литников из магниевых сплавов на 10 % меньше.

Обрезка на *пильных дисковых станках* производится посредством медленно вращающихся круглых пил, которые автоматически подаются вперед по мере разрезания изделия. Этот способ используют для обрезки прибылей мелких и средних стальных и чугунных отливок. Станки имеют несколько ступеней автоматической подачи, применяемых в зависимости от свойств разрезаемого материала.

Пилы состоят из стальных дисков, на которые насажены сегменты из быстрорежущей стали. Станки имеют пилы диаметром 300–1500 мм, что позволяет разрезать заготовки толщиной до $\frac{1}{3}$ диаметра пилы (100–500 мм). При отрезке прибылей неотожженных стальных отливок скорость подачи пилы составляет 10–20 мм/мин.

Разновидностью круглопильных станков являются так называемые *пилы Геллера*, специально предназначенные для обрезки отливок. Быстровращающийся тонкий стальной диск давит на металл в месте реза, при этом вследствие трения выделяется большое количество теплоты. Материал, нагретый до высокой температуры, становится пластичным и прорезается диском. На режущей поверхности диска выступающие части чередуются с углублениями. Диск точно центрирован, боковые поверхности его отшлифованы. Окружная скорость диска составляет 100–120 м/с. Предусмотрено водяное охлаждение. Станки бывают с дисками диаметром 500–1500 мм, что обеспечивает резание на глубину 30–120 мм.

Основное преимущество этих станков – высокая производительность, а недостаток – небольшая глубина реза даже при очень большом диаметре диска.

22.3. Оборудование для отрезки прибылей и литников абразивными кругами

К преимуществам абразивной отрезки относятся сравнительно простое оборудование, слабый нагрев изделия, прямой чистый рез без оплавления места реза, невысокий уровень шума.

В то же время абразивная отрезка имеет существенные недостатки. Среди них значительное выделение абразивной и металлической пыли (необходимы специальные улавливающие устройства), сильный запах горелой резины (при употреблении кругов на вулканитовой связке), высокие требования в плане техники безопасности (необходимы специальные защитные кожухи, пылеотсасывающие устройства и т. п.), небольшая скорость кругов. К недостаткам следует отнести также невысокую скорость резания и малые диаметры отрезных кругов. Отрезные круги на синтетических связках обладают высокой прочностью. При их применении вместо фланца ставят прижимную шайбу, и диапазон отрезных работ может быть значительно расширен.

22.4. Оборудование для обрубки отливок методами газовой и воздушно-дуговой резки

Для отделения элементов литниковых систем применяют ацетилено-кислородную и воздушно-дуговую резку.

Ацетилено-кислородную (газовую) резку используют главным образом для резки стальных отливок. Она является высокопроизводительным и вместе с тем простым и дешевым технологическим процессом, поэтому ее широко применяют почти во всех сталелитейных цехах вместо механической резки. Процесс газовой резки поддается механизации, что дало возможность создать большое число специальных машин и приспособлений. При газовой резке почти не происходит поломок или изнашивания инструмента, как это имеет место при механической резке.

Процесс газовой резки основан на интенсивном окислении металла в струе кислорода при высокой температуре. Для нормального протекания процесса резки металла необходимо выполнение следующих условий:

1) температура воспламенения металла должна быть ниже температуры его плавления; если это условие не соблюдается, то металл будет плавиться и переходить в жидкое состояние еще до того, как начнется его горение в кислороде;

2) температура плавления оксидов, образующихся при резке металла, должна быть ниже температуры воспламенения и плавления металла; если это условие не выполняется, то кислородная резка металла без применения специальных флюсов невозможна, так как образующиеся оксиды не будут находиться в жидком состоянии при температуре горения металла и их невозможно будет удалить из места реза.

Скорость резки зависит от толщины материала, его свойств, состава и температуры, а также от температуры пламени, давления кислорода, формы режущей струи, скорости истечения ее из сопла и чистоты кислорода.

Примеси в кислороде уменьшают скорость резки примерно с 225 мм/мин при чистоте кислорода 99 % до 65 мм/мин при чистоте кислорода 81 %. Предварительный нагрев отливки повышает скорость резки. При нагреве стали до 200–370 °С скорость резки возрастает на 50–100 %. Скорость ацетилено-кислородной резки может быть определена по формуле

$$v = 60/t,$$

где v – скорость резки, м/с;

t – продолжительность резки, мин/м; $t = 6/8 + 0,8\delta$ (δ – толщина разрезаемого металла, мм).

Процесс резки отливок затруднен по сравнению с резкой проката вследствие недостаточной чистоты их поверхности, наличия приливов, пригара и песка. Внутренние дефекты отливок также затрудняют процесс резки. По сравнению с резкой низкоуглеродистой стали резку чугуна вследствие ряда технологических трудностей применяют мало. Для резки чугуна необходима горелка с ручным регулированием. Состояние поверхности чугуна после резки значительно хуже, а ширина реза больше по сравнению с состоянием поверхности и шириной реза после резки низкоуглеродистой стали. Это относится к большинству литейных чугунов.

Исключение составляет чугун со сфероидальной формой графита, который так же легко поддается газовой резке, как и низкоуглеродистая сталь.

Для разделительной резки отливок используют и *воздушно-дуговой способ*. Воздушно-дуговая резка может быть применена для резки высоколегированных сталей, чугуна, цветных металлов.

Сущность резки заключается в следующем. Возбуждается сварочная дуга обратной полярности между угольным электродом и отливкой. Параллельно электроду из держателя подается струя сжатого воздуха, выдувающая расплавленный металл из сварочной ванны. По мере равномерного перемещения электрода относительно плоскости разрезаемого металла с одновременным выдуванием жидкой ванны в металле остается ровная и чистая канавка. Глубина и ширина канавки зависят от силы тока, диаметра электрода, скорости его перемещения и угла наклона электрода к плоскости разрезаемого металла. Ширина реза зависит от диаметра электрода:

$$B = d + (1 \div 2) \text{ мм},$$

где d – диаметр электрода, мм.

Отрезка прибылей отливок толщиной до 40 мм за один проход затруднительна. При резке металла толщиной более 25 мм электроду при перемещении вдоль линии реза нужно придавать пилообразные колебания от верхних кромок реза к нижним, подобно тому как это делают при обычной дуговой сварке.

Для воздушно-дуговой резки металла необходимо иметь резак, источник электрической энергии, сжатый воздух и графитовые электроды. Наиболее часто используют электроды диаметром 6, 8 и 12 мм, длиной 250–300 мм.

Контрольные вопросы и задания

1. Какое механическое оборудование используется для очистки поверхности отливок?
2. Охарактеризуйте механическое оборудование для отделения элементов литниковых систем.
3. Опишите оборудование для отрезки прибылей и литников абразивными кругами.
4. Охарактеризуйте оборудование для обрубки элементов литниковых систем отливок методами газовой и воздушно-дуговой резки.

Глава 23. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАВАРКИ ДЕФЕКТОВ ОТЛИВОК

Для выполнения работ по заварке дефектов чугунных отливок применяют электросварочные полуавтоматы с механической подачей специальной порошковой проволоки (рис. 6.2, *а*) и газовые горелки с двойной инжекцией (рис. 6.2, *б*). Первая инжекция кислородной струи используется для подсоса порошка из бункера *1*, а вторая – для подсоса ацетилена.

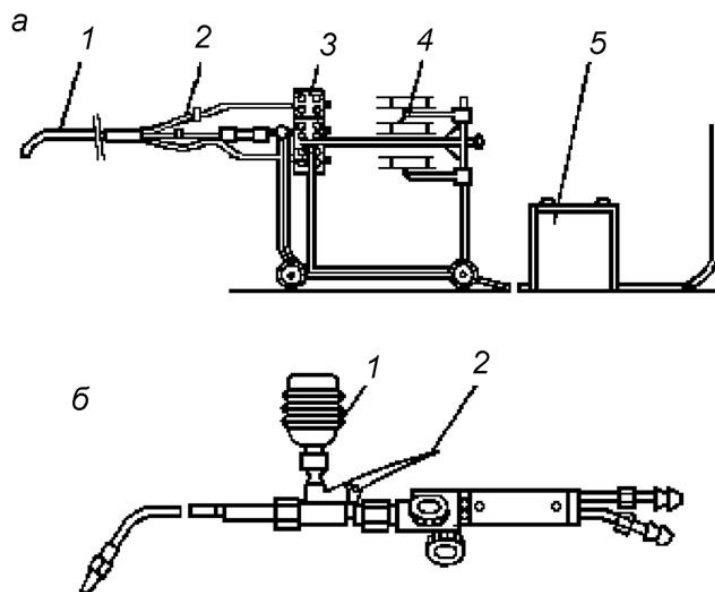


Рис. 6.2. Оборудование для заварки дефектов чугунных отливок:
а – электросварочный автомат с механической подачей электрода: *1* – держатель;
2 – направляющие каналы; *3* – подающие механизмы; *4* – бобины с порошковой
проволокой; *5* – аппаратный шкаф; *б* – газовая горелка с двойной инжекцией:
1 – бункер для порошка; *2* – рычаг включения подачи порошка

Ввиду того, что для повышения технологических и эксплуатационных свойств отливок все мелкие отливки и значительную часть средних и тяжелых подогревают перед заваркой, на заварочных участках кроме сварочного устанавливают также оборудование для подогрева отливок. На рис. 6.3 показана планировка типового участка заварки мелких чугунных отливок, оборудованного двухрядной конвейерной печью с независимыми зонами нагрева отливок перед заваркой до температуры 650 °С *1* и замедленного охлаждения после заварки до температуры 200 °С *2*, контейнерами *3* для транспортирования отливок, монорельсами *4*, *5* и рабочим столом *6*.

При небольших количествах отливок, поступающих на заварку, участок может быть оборудован нагревательными горнами. На рис. 6.4 показана планировка участка заварки средних, крупных и тяжелых чугунных отливок.

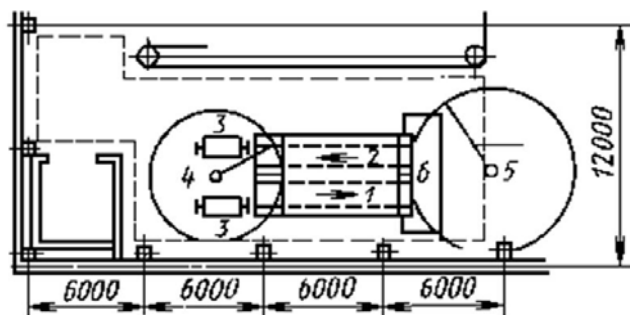


Рис. 6.3. План участка заварки мелких отливок

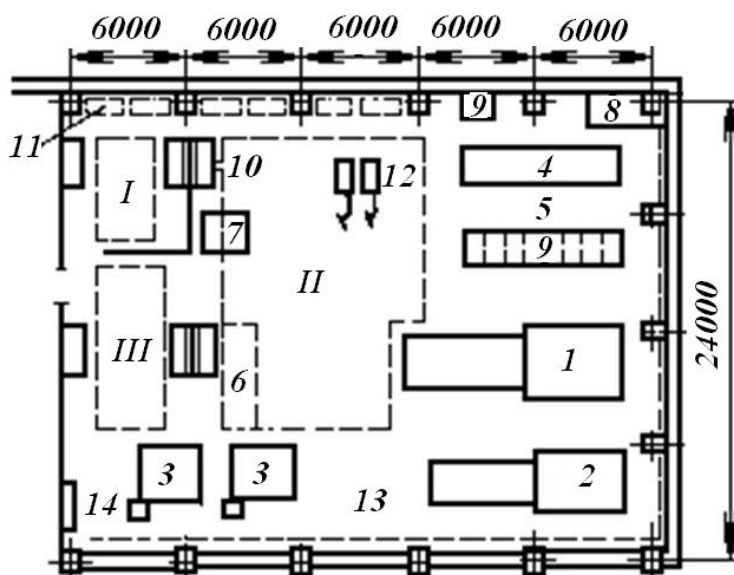


Рис. 6.4. План участка заварки средних, крупных и тяжелых отливок

На участке размещены термическая печь 1 с размерами $2,1 \times 4,3 = 9 \text{ м}^2$ и термическая печь 2 с выкатным подом размерами $1,5 \times 3,48 = 5,2 \text{ м}^2$ для нагрева отливок перед заваркой и при необходимости для термообработки после заварки. Для местного подогрева отливок установлены два газовых нагревательных горна 3 с размерами пола $3 \times 2,7 = 8,1 \text{ м}^2$, для подогрева крупногабаритных тяжелых отливок – ямная двухкамерная печь 4 с площадкой для промежуточного складирования съемных секций 5 свода.

Для горячей заварки дуговой сваркой предусмотрена площадка II, для холодной заварки – площадка I, а для горячей заварки газовой свар-

кой – площадка III. Пол участка горячей заварки выстлан чугуной плиткой, поэтому, чтобы избежать повреждения отливок при кантовке, предусмотрена площадка, засыпанная гравием 6.

На участке расположены также кессон 7 для вертикальной установки отливок при заварке, газовый коллектор 8 для газопитания печей, пирометрический шкаф 9 для контроля режима работы печей, вентиляционные панели 10, места расположения электросварочного оборудования 11, полуавтоматы 12 для горячей механизированной заварки, система питания газосварочных постов природным газом 13 и кислородом 14.

Контрольные вопросы и задания

1. Какое оборудование используется для заварки дефектов отливок?
2. Охарактеризуйте оборудование для заварки дефектов чугуных отливок.
3. Приведите типовую схему механизации участка заварки мелких отливок.
4. Приведите типовую схему механизации участка заварки средних, крупных и тяжелых отливок.

Глава 24. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАЧИСТКИ ОТЛИВОК ШЛИФОВАЛЬНЫМИ КРУГАМИ

24.1. Характеристика абразивных материалов

После очистки поверхности отливок их зачищают с помощью абразивных шлифовальных кругов с целью удаления заливов, остатков питателей и других неровностей. В настоящее время шлифовальные круги для зачистки отливок изготавливают из искусственных абразивных материалов – карборунда (карбид кремния SiC) и электрокорунда (глинозем Al_2O_3).

Шлифовальный круг состоит из зерен абразивного материала, связанных между собой цементирующим веществом, или связкой. Связка имеет решающее значение для прочности круга и установления режима работы. При обработке отливок применяют шлифовальные инструменты на керамической, бакелитовой и вулканитовой связках. Для работ на скоростных режимах резания используют также круги на специальных синтетических связках.

Круги на керамической связке допускают при ручной подаче окружную скорость до 30 м/с. Бакелитовая связка более упругая, чем керамическая. Круги на бакелитовой связке допускают работу с окружными скоростями до 40 м/с, а при специальном армировании – до 50 м/с. Для отрезки применяют круги на вулканитовой связке, которая позволяет изготавливать круги толщиной 0,5 мм, допускающие окружные скорости до 50 м/с. Круги на специальных синтетических связках обладают высокой эластичностью и допускают окружные скорости до 200 м/с.

Карборунд представляет собой карбид кремния плотностью 3,1–3,2 г/см³ темно-синего или черного цвета. Его получают в электропечах из кварцевого песка и кокса. По твердости карборунд уступает только алмазу и бору. Его раздробленные кристаллы имеют очень острые края, легко врезаются в обрабатываемое изделие. Однако карборунд хрупок, и зерна его легко расщепляются. Поэтому карборунд нецелесообразно применять для обработки вязких металлов, так как при этом его зерна расщеплялись бы задолго до их затупления. Карборунд наиболее пригоден для обработки хрупких, хотя и очень твердых металлов. Карборундовые круги применяют для обдирки отливок из белого и серого чугуна, а также из бронзы.

Электрокорунд представляет собой кристаллический глинозем. Его получают в электропечах путем плавки боксита. Он имеет серо-коричне-

вый цвет и плотность 3,8–3,9 г/см³. По твердости он уступает карборунду, но превосходит его по вязкости. Круги из электрокорунда применяют для зачистки отливок из стали и ковкого чугуна.

Для обозначения твердости кругов применяют буквы и цифры. Буквы обозначают классы твердости: ЧТ (чрезвычайно твердый), ВТ (весьма твердый), СМ (среднемягкий) и М (мягкий). Цифры, стоящие вслед за буквами, обозначают подразделения твердости в порядке ее возрастания (1, 2, 3). Для зачистки отливок чаще всего применяют круги с твердостью в пределах от М2 до Т1.

24.2. Типы станков для зачистки отливок

Для зачистки отливок применяют стационарные, маятниковые, переносные и специальные (автоматизированные) шлифовальные обдирочные станки.

Стационарные станки, обычно с двумя кругами (рис. 6.5), применяют для отливок массой до 30 кг. На каждом круге работает один рабочий. Зачищаемые отливки опираются на столик перед кругом; их удерживают и прижимают к нему вручную. Направление вращения круга должно быть таким, чтобы трением круга отливка прижималась к столику. Предохранительные кожухи кругов должны иметь интенсивный отсос пыли. Стационарные станки обычно имеют шлифовальные круги диаметром 500–600 мм и шириной 60–75 мм.

Маятниковый, или подвесной, шлифовальный станок (рис. 6.6) подвешивают к какой-либо стационарной опоре, и рабочий за ручки наклоняет его к отливке, помещенной под шлифовальным кругом на столе или на роликовом конвейере. Диаметр круга чаще всего составляет 350–400 мм, реже 500–600 мм. Маятниковые станки часто применяют для зачистки средних и среднетонких отливок в крупносерийном производстве на поточных линиях с роликовыми конвейерами.

Переносные шлифовальные станки используют для зачистки крупных отливок. Они могут быть снабжены гибким валом, электродвигателем и пневматическим ротационным двигателем, присоединенным к цеховой сети сжатого воздуха гибким шлангом. Диаметр кругов переносных станков обычно бывает 200–300 мм.

Специализированные автоматические шлифовальные обдирочные станки для зачистки отливок в массовом поточном производстве были впервые разработаны и внедрены на Горьковском автомобильном заводе. На этих станках одновременно с зачисткой заливок и остатков литниковых систем снимают литейные корки на основных обрабатываемых поверхностях отливок и за-

чищают базовые места. Принципиальная схема полуавтоматического станка для зачистки мелких отливок с одного торца приведена на рис. 6.7.

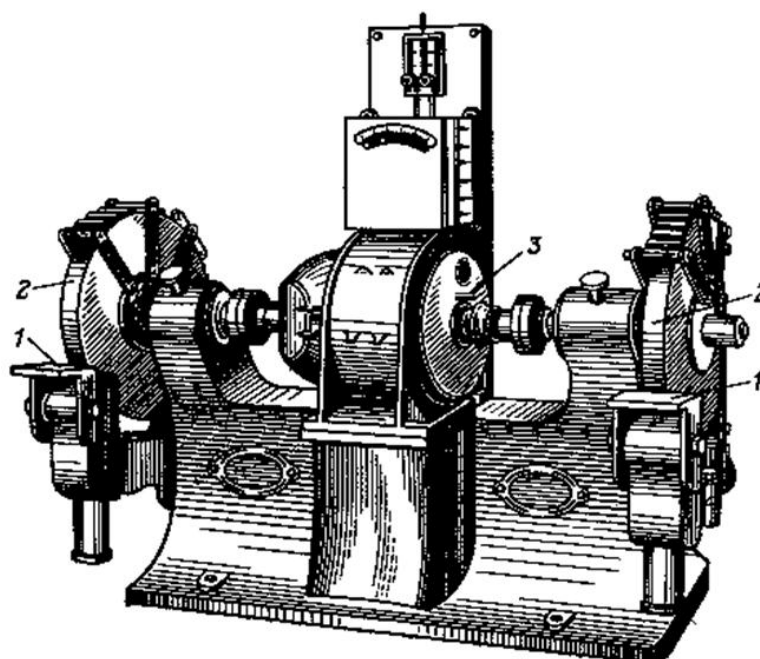


Рис. 6.5. Стационарный шлифовальный станок с двумя шлифовальными кругами:
1 – рабочий столик; 2 – шлифовальные круги; 3 – электродвигатель

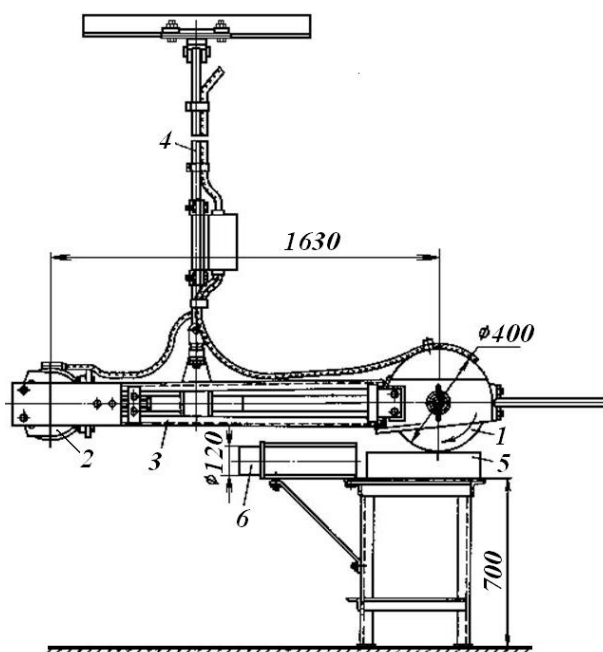


Рис. 6.6. Маятниковый шлифовальный станок:
1 – шлифовальный круг; 2 – электродвигатель; 3 – кожух клиноременной передачи;
4 – подвеска; 5 – зачищаемая отливка; 6 – патрубок для присоединения к вытяжной вентиляции

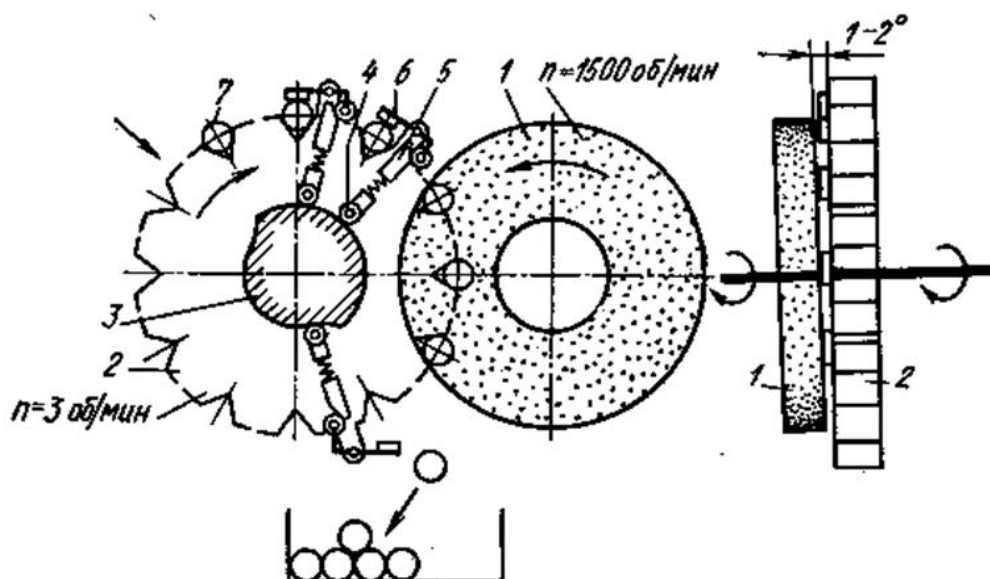


Рис. 6.7. Принципиальная схема полуавтомата для зачистки торцов мелких отливок:

1 – шлифовальный круг; 2 – питающий магазин-диск; 3 – неподвижный кулак; 4 – ролик; 5 – клин; 6 – зажимной рычаг; 7 – зачищаемая отливка

Полуавтомат сконструирован на базе обычного двустороннего стационарного стационарного шлифовального станка, имеющего головку привода питающего диска с приспособлениями для зажима отливок. Отливки вкладывают в гнезда питающего диска вручную. Зажим отливок в зоне зачистки и их освобождение происходят автоматически с помощью клина и ролика, направляемого неподвижным копиром. Плоскость диска установлена под углом $1-2^\circ$ к плоскости круга для плавного захода и врезания круга в металл отливки. Производительность станка составляет 1800–2000 отливок в час при одном круге. Диаметр применяемых кругов – 500 мм.

Контрольные вопросы и задания

1. Какое оборудование используется для зачистки отливок шлифовальными кругами?
2. Дайте характеристику абразивных материалов.
3. Приведите типы станков для зачистки отливок.

Глава 25. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАСКИ ОТЛИВОК

После обрубки и зачистки отливки подвергаются грунтовке и сушке. Грунтовка (окраска) отливок осуществляется одним из следующих способов: окунанием отливок в краску, нанесением слоя краски распылением и окраской в электростатическом поле.

Наиболее простым является способ *нанесения краски окунанием*. Отливки, помещенные в корзины с отверстиями, опускаются на подвесках в резервуар с краской. После извлечения из резервуара с краской отливки подаются в сушильную камеру и далее на склад.

Для *окраски воздушным распылением* используют пистолеты-распылители (рис. 6.8). Краска из стакана *1* попадает в канал *2*, подхватывается воздухом, подаваемым через кольцевое сопло *4*, и выбрасывается на отливки. Для расширения струи, т. е. увеличения окрашиваемой поверхности, струя подвергается воздействию воздуха через специальное сопло *6*.

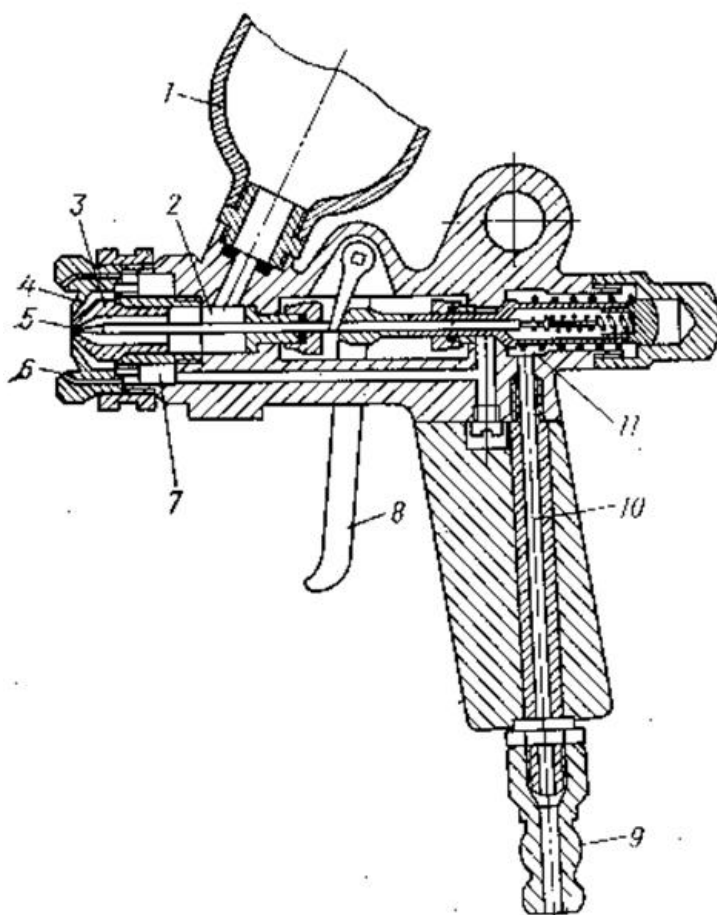


Рис. 6.8. Конструкция пистолета-распылителя:

1 – стакан с краской; *2* – канал для краски; *3* – наконечник; *4* – кольцевое сопло для воздуха; *5* – сопло для краски; *6* – воздушные сопла для сплющивания струи; *7* – кольцевой канал для воздуха; *8* – рычаг; *9* – штуцер для шланга; *10, 11* – воздушные каналы

При окраске безвоздушным распылением краска нагревается и нагнетается насосом в специальный пистолет, откуда выбрасывается через сопло на окрашиваемую поверхность.

Наиболее совершенный способ – *нанесение краски в электростатическом поле*. При применении этого способа существенно улучшаются условия труда, получается равномерный слой покрытия при значительной экономии материалов. Процесс окрашивания в электростатическом поле легко поддается автоматизации.

Сущность способа заключается в следующем. Заземленные отливки последовательно подаются в электростатическое поле, в это же пространство подается распыленная краска. Частицы краски, ионизируясь, движутся к отливке и оседают на ней. Процесс является саморегулирующимся, так как, чем тоньше в каком-либо месте слой краски, тем активнее следуют к нему ионизированные частицы краски.

Окрашенные отливки подвергаются сушке в проходных камерах при температуре 120 °С потоком горячего воздуха или инфракрасными лучами. При сушке инфракрасными лучами теплота к краске поступает от металла, и просушка идет от внутренних слоев, причем краска застывает, не разрываясь (это существенное преимущество перед сушкой в потоке горячего воздуха).

Контрольные вопросы и задания

1. Какое оборудование используется для окраски отливок?
2. Охарактеризуйте технологии окраски отливок.
3. Опишите конструкцию оборудования для окраски отливок.

Заключение

В настоящее время происходит дальнейшее развитие металлургического и литейного производства. Необходимость решения сложнейших задач, которые возникли перед российским машиностроением и металлургией при переходе к рыночной экономике в условиях глобализации, интеграция в мировую экономику требуют от отрасли серьезной модернизации и крупных инвестиций. Все это осложняется высоким физическим и моральным износом технологического оборудования. Необходимость рассмотренного в учебном пособии основного оборудования вызвана новизной подхода к проектированию отдельных участков, отделений, цехов, производств.

Наряду со специальным и специализированным оборудованием в учебном пособии представлены некоторые виды оборудования общетехнического назначения. Изучение оборудования литейных цехов базируется на предшествующем изучении теории и технологии литейного производства. При изучении устройства, методов расчета технологических схем и отдельных единиц технологического оборудования возникают вопросы, связанные с его модернизацией. В данном пособии рассмотрен ряд конкретных задач, касающихся совершенствования отдельных видов оборудования. Кроме того, важно полное устранение ручного труда и обеспечение высокой экологичности производства. С этой целью современные цеха проектируют и строят высокомеханизированными и автоматизированными.

В условиях экономической и хозяйственной самостоятельности предприятий образованность, компетентность и профессионализм – важнейшие качества современного специалиста, которые позволяют ему самостоятельно, творчески мыслить, свободно ориентироваться в непрерывно возникающих на производстве проблемах и грамотно принимать наиболее рациональные технические решения.

Авторы надеются, что изложенный в учебном пособии материал поможет будущим специалистам успешно решать задачи, связанные с совершенствованием литейного производства.

Библиографический список

1. *Аксенов П. Н.* Оборудование литейных цехов / П. Н. Аксенов. Москва: Машиностроение, 1968. 458 с.
2. *Беликов О. А.* Приводы литейных машин / О. А. Беликов, Л. П. Каширцев. Москва: Машиностроение, 1971. 310 с.
3. *Горский А. И.* Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства / А. И. Горский. Москва: Машиностроение, 1978. 551 с.
4. ГОСТ 14973–69 – ГОСТ 14995–69. Опоки литейные цельнолитые стальные. Конструкция и размеры (часть 1). Москва: Изд-во стандартов, 1981. 124 с.
5. ГОСТ 14996–69 – ГОСТ 15022–69. Опоки литейные цельнолитые чугунные. Конструкция и размеры (часть 2). Москва: Изд-во стандартов, 1981. 132 с.
6. ГОСТ 15491–70 – ГОСТ 15506–70. Опоки литейные цельнолитые из алюминиевых и магниевых сплавов. Москва: Изд-во стандартов, 1971. 64 с.
7. ГОСТ 17127–71 – ГОСТ 17132–71. Опоки литейные сварные из литых стальных элементов. Москва: Изд-во стандартов, 1983. 56 с.
8. ГОСТ 20084–74 – ГОСТ 20131–74. Плиты модельные металлические для встряхивающих формовочных литейных машин. Москва: Изд-во стандартов, 1974. 151 с.
9. *Зайгеров Б. И.* Машины и автоматизация литейного производства / Б. И. Зайгеров. Минск: Вышэйшая школа, 1979. 376 с.
10. *Зайгеров И. Б.* Оборудование литейных цехов / И. Б. Зайгеров. Минск: Вышэйшая школа, 1980. 368 с.
11. *Матвиенко И. В.* Оборудование литейных цехов / И. В. Матвиенко, В. Л. Тарский. Москва: Машиностроение, 1985. 400 с.
12. *Орлов П. И.* Основы конструирования: справочно-методическое пособие: в 2 книгах / П. И. Орлов. Москва: Машиностроение, 1988. Кн. 1. 560 с.; Кн. 2. 544 с.
13. *Покровский Г. И.* Трение и сцепление в грунтах / Г. И. Покровский. Москва; Ленинград: Стройиздат, 1941. 60 с.

14. *Рыбальченко Н. А.* Оборудование литейных цехов. Лабораторные и практические работы: учебное пособие / Н. А. Рыбальченко, Б. С. Сперанский, В. И. Гонтаренко. Киев; Донецк: Выща школа, 1979. 152 с.

15. *Спиваковский А. О.* Транспортирующие машины / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. Москва: Машиностроение, 1983. 487 с.

Примеры расчета литейных машин

1. Пример расчета перевалочного устройства

Задание. Определите емкость перевалочного бункера и длину разгрузочного склада песков чугунолитейного цеха мощностью $Q = 100$ тыс. т в год. Песок на складе хранится в специальных емкостях типа силосных башен (рис. 1).

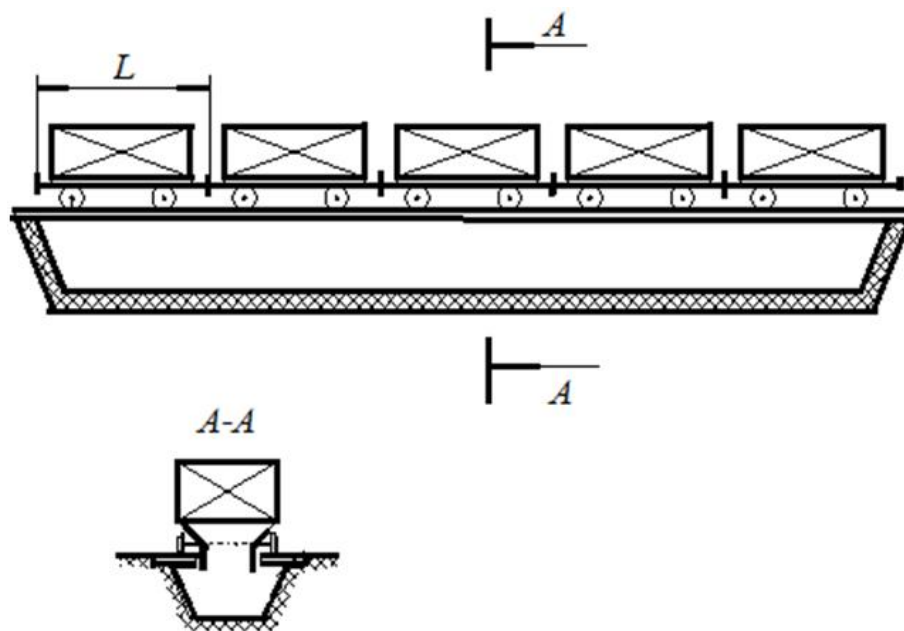


Рис. 1. К расчету перевалочного устройства

Исходные данные. Песок доставляется на склад в четырехосных саморазгружающихся вагонах типа хоппер грузоподъемностью 60 т и длиной по буферам 10 м. Аккумулирующая способность перевалочного бункера должна обеспечивать разгрузку состава из пяти вагонов в течение $t = 7$ мин и работу цеха в течение $t_2 = 32$ ч (двое суток при двухсменной работе). Из перевалочного бункера в силосные емкости песок должен быть перегружен в течение времени $t_3 = 8$ ч.

Порядок расчета:

1. Определяем часовое потребление свежего песка цехом при расходе 1 т песка на 1 тонну годного литья:

$$q_{\text{ч}} = \frac{G}{\Phi_{\text{л}}},$$

где G – годовая производственная мощность литейного цеха, т;

Φ_n – номинальный фонд времени, в течение которого может выполняться работа в принятом режиме без учета неизбежных потерь времени, ч.

При 41-часовой рабочей неделе Φ_n составляет:

- при односменной работе – 2070 ч;
- при двухсменной работе – 4140 ч;
- при трехсменной работе – 6210 ч.

Поскольку работа двухсменная,

$$q_{\text{ч}} = \frac{100000}{4140} \approx 24,2 \text{ т.}$$

2. Находим общую весовую емкость бункера:

$$Q = q \cdot t_2 = 24,2 \cdot 32 \approx 774,4 \text{ т.}$$

3. Рассчитываем площадь поперечного сечения бункера:

$$F_{\text{мин}} = \frac{2i_{\text{вес}}}{\gamma \cdot L \cdot k},$$

где $i_{\text{вес}}$ – грузоподъемность четырехосных саморазгружающихся вагонов типа хоппер, т;

γ – насыпная масса материала в бункере, т/м³;

k – коэффициент использования емкости бункера (не более 0,8);

L – длина по буферам четырехосных саморазгружающихся вагонов типа хоппер, м.

$$F_{\text{мин}} = \frac{2 \cdot 60}{1,5 \cdot 10 \cdot 0,8} = 10 \text{ м}^2.$$

4. Вычисляем длину бункера:

$$L_{\text{б}} = \frac{G}{\gamma \cdot F_{\text{мин}} \cdot k} = \frac{774,4}{1,5 \cdot 10 \cdot 0,8} \approx 65 \text{ м.}$$

5. Определяем производительность разгрузочного фронта при одновременной разгрузке пяти вагонов:

$$Q_{\text{фр}} = \frac{3600 \cdot i_{\text{вес}} \cdot z}{(t + t_1)},$$

где t – время разгрузки состава из пяти вагонов, с;

t_1 – время, необходимое для выполнения маневровых операций, с;

$t_1 = 3 \text{ мин (180 с)}$.

$$Q_{\text{фр}} = \frac{3600 \cdot 60 \cdot 5}{(420 + 180)} = 1800 \text{ т/ч.}$$

6. Проводим расчет производительности транспортеров, отводящих материал:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{фр}}}{t_3} = \frac{1800}{8} = 225 \text{ т/ч.}$$

2. Пример расчета бункера

Задание. Рассчитайте бункер для хранения материала (рис. 2).

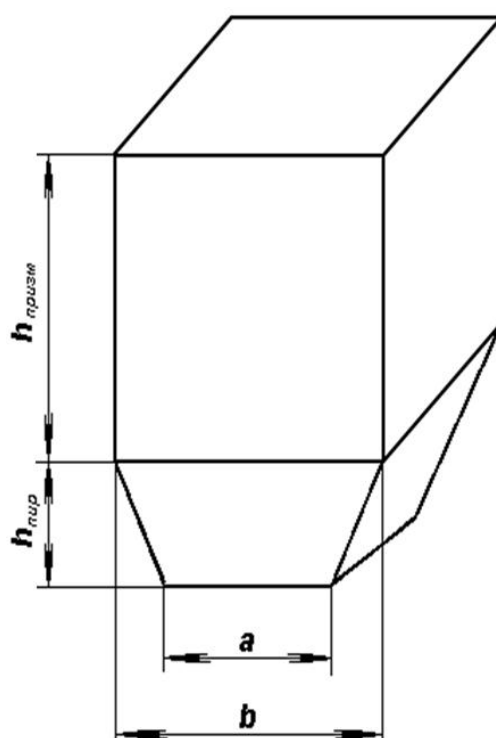


Рис. 2. Схема бункера для хранения сыпучего материала

Исходные данные. Размеры бункера в плане $b \times b$, м; весовая емкость бункера Q , т; размер кусков материала D , мм; насыпная плотность материала γ , т/м³.

Порядок расчета:

1. Определяем размеры выпускного отверстия бункера a при условии отсутствия зависания материала:

$$a = k (D + 80) \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где k – опытный коэффициент; $k = 2,6$ для сортированного материала, $k = 2,4$ для несортированного материала;

D – максимальный размер кусков материала, мм;

φ – угол внутреннего трения материала.

Приведенная формула рекомендуется для материалов с углами внутреннего трения в пределах $\varphi = 30 \div 50^\circ$ (при $\varphi > 50^\circ$ в формулу подставляют значение $\varphi = 50^\circ$) и D до 300 мм.

2. Находим скорость истечения материала из бункера. Существуют два основных вида истечения материала: нормальное, при котором материал движется в виде столба, расположенного над отверстием истечения, и гидравлическое, когда весь сыпучий материал движется вниз подобно жидкости. На практике наиболее часто имеет место первый вид истечения. Второй вид наблюдается при больших углах наклона ($75 \div 80^\circ$), а также при непрерывном сотрясении бункера.

При нормальном истечении материала из бункера скорость истечения v можно определить по формуле

$$v = \lambda \sqrt{3,3gR},$$

где λ – коэффициент истечения; $\lambda = 0,3$;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

R – гидравлический радиус отверстия истечения, м.

Гидравлический радиус отверстия истечения рассчитывается следующим образом:

$$R = (a - D)/4$$

либо

$$R = F/L,$$

где F – площадь отверстия истечения, м^2 ;

L – периметр выпускного отверстия, м.

3. Вычисляем пропускную способность выпускного отверстия (или производительность) бункера. При любом виде истечения она может быть определена по формуле, общей для всех машин непрерывного транспорта:

$$\Pi = 3600 vF.$$

4. Находим емкость бункера V , м^3 , для хранения данного материала:

$$V = \frac{Q}{\gamma}.$$

5. Определяем время τ , мин, необходимое для полной разгрузки бункера:

$$\tau = \frac{V \cdot 60}{\Pi} = \frac{Q \cdot 60}{\gamma \cdot 3600 \cdot F \cdot v} = \frac{Q}{60 \cdot \gamma \cdot F \cdot v}.$$

6. Устанавливаем оптимальный угол наклона стенок (граней) бункера к горизонту. Обозначаем угол внутреннего трения материала в движении через φ_0 , угол трения материала о стенку бункера в движении через ρ_0 , угол наклона ребра бункера к горизонту через α_p , угол наклона стенки бункера к горизонту через α . Определяем основные размеры бункера, принимая во внимание, что нормальное опорожнение бункера может быть достигнуто, если угол наклона стенки превышает угол внутреннего трения (угол естественного откоса) материала, который хранится в бункере.

Угол наклона стенки бункера к горизонту составляет

$$\alpha \geq \varphi_0 + (5 \div 10)^\circ.$$

При $\alpha < \varphi_0$ после опорожнения бункера на его стенке останется часть материала, который соскользнет, если угол наклона стенки бункера будет больше угла трения ρ_0 материала о стенку.

Угол наклона ребер бункера к горизонту равен

$$\alpha_p \geq \rho_0 + (5 \div 10)^\circ.$$

При $\alpha_p < \rho_0$ материал останется на стенках бункера и после его опорожнения, особенно в двугранных углах (ребрах), наклон которых к горизонту меньше наклона каждой из смежных стенок.

Высота пирамидальной части бункера определяется по формуле

$$h_{\text{пир}} = \frac{b + a}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

При общем объеме бункера $V = h_{\text{пр}} \cdot b^2 + \frac{h_{\text{пир}}}{3} (b^2 + ab + a^2)$ высота его призматической части будет равна

$$h_{\text{пр}} = \frac{V - \frac{h_{\text{пир}}}{3} (b^2 + ab + a^2)}{b^2}.$$

Общая высота бункера составляет

$$h = h_{\text{пир}} + h_{\text{пр}}.$$

- площадь поверхности призматической части $S_{\text{пр}} = 4h_{\text{пр}} \cdot b$;
- площадь поверхности пирамидальной части $S_{\text{пир}} = 4 \cdot 0,5(a + b) h_{\text{пир}}$;
- площадь боковой поверхности $S = S_{\text{пр}} + S_{\text{пир}}$.

3. Пример расчета секторного затвора

1 – пневмоцилиндр; 2 – рычаг; 3 – шарнир; 4 – бункер; 5 – короб; 6 – сектор;
7 – противовес

Порядок расчета:

$$\theta = \operatorname{tg} \varphi = 0,78; \varphi = 38^\circ; \sin 38^\circ = 0,616.$$

2. Находим коэффициент подвижности материала:

$$k = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi},$$

$$k = \frac{1 - 0,616}{1 + 0,616} = 0,238.$$

3. Рассчитываем полное вертикальное усилие, действующее на затвор:

$$P = \frac{\gamma}{2\theta} \cdot \frac{a^2 \vartheta^2}{a + \vartheta},$$

$$P = \frac{1200}{2 \cdot 0,78 \cdot 0,238} \cdot \frac{0,4^2 \cdot 0,6^2}{0,4 + 0,6} \approx 190 \text{ кг.}$$

4. Определяем наибольший момент, необходимый для поворота сектора под нагрузкой:

$$M = PR\theta + (P + G_0) \frac{d}{2} f + G_1 R_2,$$

$$M = 190 \cdot 0,36 \cdot 0,78 + (190 + 18) \cdot \frac{0,04}{2} \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,29 \approx 70 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

5. Рассчитываем усилие на штоке пневмоцилиндра:

$$W = \frac{M}{R_1},$$

$$W = \frac{70}{0,37} \approx 190 \text{ кг.}$$

6. Находим площадь поршня пневмоцилиндра привода:

$$F_{\text{ц}} = \frac{W}{P_0},$$

$$F_{\text{ц}} = \frac{190}{5} \approx 38 \text{ см}^2.$$

7. Вычисляем диаметр поршня пневмоцилиндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{ц}}}{\pi}},$$

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 38}{3,14}} \approx 7 \text{ см.}$$

Учитывая потери на трение в самом пневмоцилиндре и др., принимаем $D_{ц} = 100 \text{ мм.}$

4. Пример расчета вибрационного сита

Задание. Определите общий вес возмущающих грузов, жесткость пружинящих опор и приводную мощность вибрационного сита, работающего с резонансом (рис. 4).

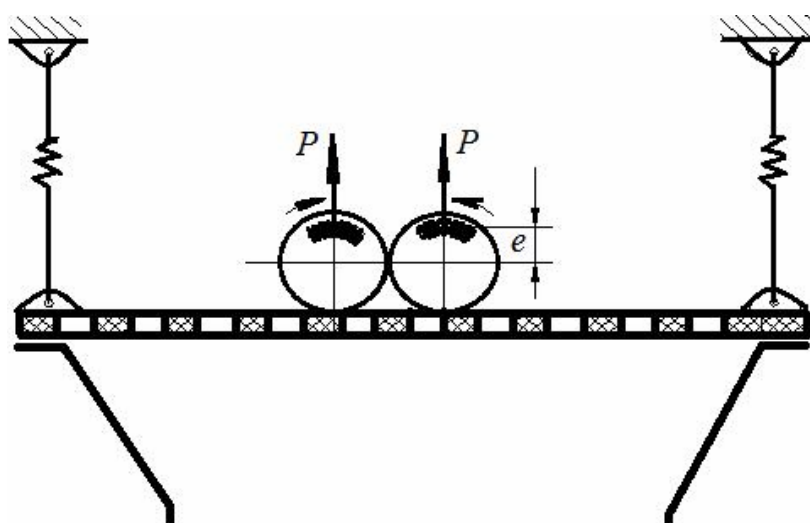


Рис. 4. К расчету вибрационного сита

Исходные данные. Вес сита с нагрузкой $G = 300 \text{ кг}$; число оборотов вала вибратора $n = 1200 \text{ об/мин}$; эксцентриситет (радиус центра тяжести возмущающих грузов) $e = 100 \text{ мм}$; амплитуда колебаний сита $a = \pm 3 \text{ мм}$; радиус подшипников качения $d/2 = 35 \text{ мм}$; приведенный коэффициент трения $f = 0,002$; механический КПД $\eta = 0,7$; число опор $i = 4$.

Порядок расчета:

1. Находим общий вес возмущающих грузов:

$$G_0 = \frac{G \cdot a}{e},$$

$$G_0 = \frac{300 \cdot 3}{100} = 9 \text{ кг.}$$

2. Определяем жесткость каждой из пружинящих опор:

$$K = \frac{G \cdot n^2}{900 \cdot i},$$

$$K = \frac{300 \cdot 120^2}{900 \cdot 4} = 120000 \text{ кг/м} = 120 \text{ кг/мм}.$$

3. Рассчитываем приводную мощность:

$$N = N_{\text{тр}} = \frac{f \cdot G_0 \cdot n^3 \cdot e \cdot d}{129 \cdot 10^4 \cdot \eta \cdot 1,36},$$

$$N = N_{\text{тр}} = \frac{0,002 \cdot 9 \cdot 1200^3 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 0,035}{129 \cdot 10^4 \cdot 0,7 \cdot 1,36} = 0,18 \text{ кВт}.$$

5. Пример расчета барабанного сита

Задание. Определите производительность (в т/ч), число оборотов барабана, размеры ячеек сита и потребную мощность двигателя сита, предназначенного для просева отработанной смеси (рис. 5).

Исходные данные. Средний размер частиц в готовом продукте $d_{\text{ч}} = 1,2 \text{ мм}$.

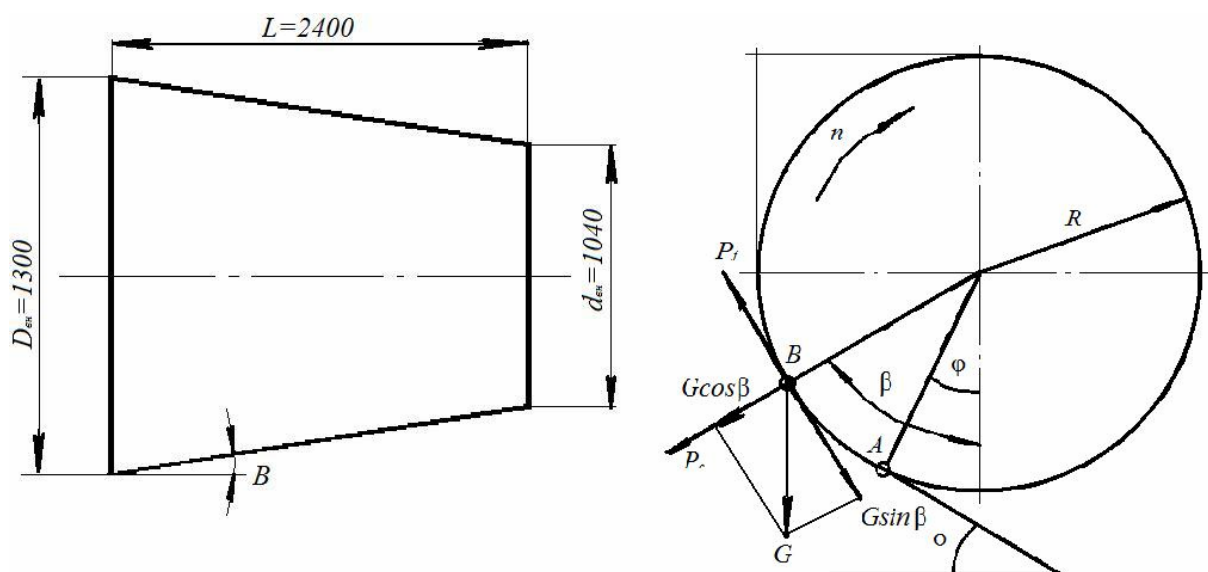


Рис. 5. К расчету барабанного сита

Порядок расчета:

1. Определяем средний диаметр и радиус сита, м:

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{вн}} + d_{\text{вн}}}{2},$$

$$D_{\text{cp}} = \frac{1300 + 1040}{2} = 1170 \text{ мм};$$

$$R = \frac{D_{\text{cp}}}{2} = \frac{1170}{2} = 585 \text{ мм} = 0,585 \text{ м}.$$

2. Находим частоту вращения сита, об/мин:

$$n = 30 \sqrt{\frac{\sin(\beta - \varphi)}{R \sin \varphi}},$$

где φ – угол трения, определяемый из расчета, что коэффициент трения частицы о поверхность барабана из-за наличия в нем отверстий увеличивается до $f = 0,7$, при этом $\varphi = 35^\circ$;

β – угол поднятия частицы по поверхности барабана сита; $\beta = \varphi + (5 \div 10^\circ)$.

$$\text{Получаем } n = 30 \sqrt{\frac{\sin(45^\circ - 35^\circ)}{0,585 \cdot \sin 35^\circ}} = 22 \text{ об/мин}.$$

3. Рассчитываем осевую скорость движения материала вдоль сита:

$$v_{\text{oc}} = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{30} \operatorname{tg} 2\alpha,$$

$$\text{где } \operatorname{tg} \alpha = \frac{D_{\text{BH}} - d_{\text{BH}}}{2L} = \frac{1300 - 1040}{2 \cdot 2400} = 0,0542; \operatorname{tg} 2\alpha = 0,0542 \cdot 2 = 0,1084;$$

$$\alpha = 3^\circ 6'.$$

$$\text{Получаем } v_{\text{oc}} = \frac{3,14 \cdot 0,585 \cdot 22}{30} \cdot 0,1084 = 0,146 \text{ м/с}.$$

4. Находим производительность барабанного сита:

$$Q = 3600 \cdot \mu \cdot \gamma \cdot v_{\text{oc}} \cdot F,$$

где μ – коэффициент относительного разрыхления материала при просеивании; $\mu = 0,80 \div 0,98$;

γ – плотность материала, т/м³;

F – площадь сечения материала в сите (площадь сегмента) в месте загрузки сита, м.

Площадь сегмента F определяется приближенно по формуле

$$F = 1,9 \cdot h \sqrt{R \cdot h},$$

где h – стрелка сегмента; $h = (0,1 \div 0,125)R$, м;

R – средний радиус барабана сита, м.

$$F = 1,9 \cdot (0,125 \cdot 0,585) \sqrt{0,585 \cdot (0,125 \cdot 0,585)} \approx 0,03 \text{ м}^2.$$

$$Q = 3600 \cdot 0,95 \cdot 1,3 \cdot 0,146 \cdot 0,03 = 19,47 \approx 19,5 \text{ т/ч.}$$

5. Для определения размера ячеек сита находим скорость движения частиц относительно полотна сита:

$$v_{\text{отн}} = \frac{v_{\text{ос}}}{\text{tg} 2\alpha},$$

$$v_{\text{отн}} = \frac{0,146}{0,1084} = 1,34 \text{ м/с.}$$

Пользуясь данной формулой, рассчитываем

$$D_{\text{я}} = \frac{v_{\text{отн}}}{\sqrt{\frac{g}{d_{\text{ч}}}}} + \frac{d_{\text{ч}}}{2},$$

$$D_{\text{я}} = \frac{1,34}{\sqrt{\frac{9,81}{0,0012}}} + \frac{0,0012}{2} = 0,0154 \text{ м} \approx 15 \text{ мм.}$$

Принимаем ячейку сита размером 15×6 мм.

6. Для определения мощности двигателя сита принимаем:

$$G_{\text{б}} = 1000 \text{ кг};$$

$$G_{\text{м}} = F \cdot L \cdot \gamma = 0,03 \cdot 2,4 \cdot 1,3 = 0,0936 \text{ т} = 93,6 \text{ кг};$$

$r = 0,04$ м – радиус цапфы;

$f_1 = 0,4$ – коэффициент трения цапф вала в подшипниках;

$f = 0,7$ – коэффициент трения материала о сито.

7. Находим суммарный момент сил, действующий на центральный вал:

$$\sum M = f_1 \cdot r \cdot (G_{\text{б}} + G_{\text{м}}) + f \cdot G_{\text{м}} \cdot R + 0,3 \cdot G_{\text{м}} \cdot R,$$

$$\sum M = 0,4 \cdot 0,04 \cdot (100 + 94) + 0,7 \cdot 94 \cdot 0,585 + 0,3 \cdot 94 \cdot 0,585 = 58,1 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

8. Рассчитываем потребляемую мощность двигателя:

$$N_9 = \frac{\sum M \cdot n}{116,2 \cdot \eta \cdot 1,36},$$

где η – КПД просеивания барабанных сит; $\eta = 0,6 \div 0,75$.

$$N_9 = \frac{58,1 \cdot 22}{116,2 \cdot 0,7 \cdot 1,36} = 11,55 \text{ кВт.}$$

Принимаем электродвигатель с установочной мощностью

$$N_{\text{дв}} = N_9 \cdot k_y,$$

где k_y – коэффициент установочной мощности; $k_y = 1,5$.

$$N_{\text{дв}} = 11,55 \cdot 1,5 = 17,325 \text{ кВт.}$$

6. Расчет установки для сушки песка в пневмопотоке

Задание. Определите основные конструктивные параметры установки для сушки песка (длину и диаметр сушильной трубы), а также скорость воздуха в сушильной трубе и характеристику вентилятора (рис. 6).

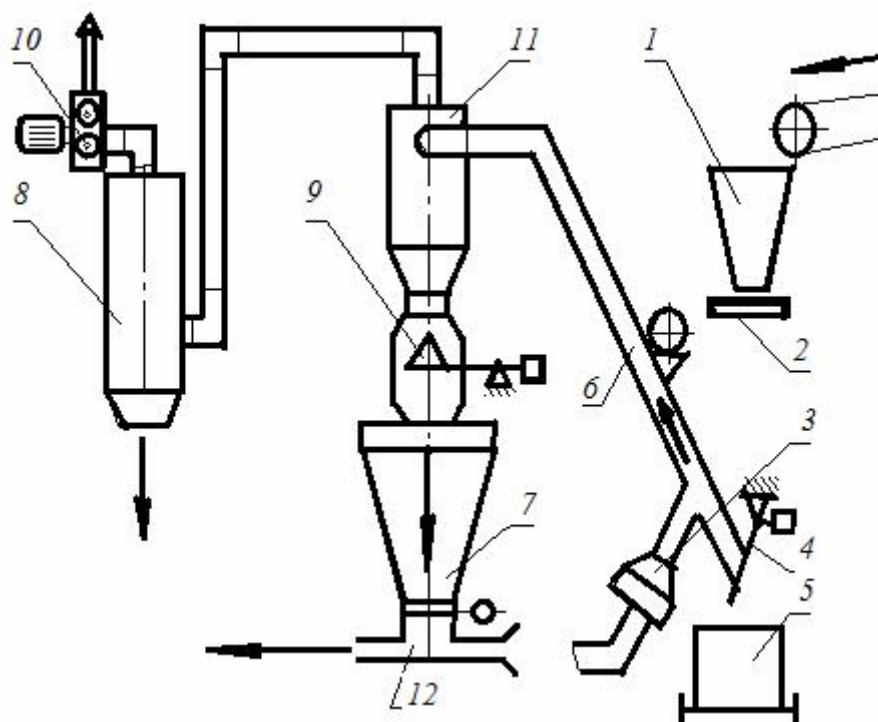


Рис. 6. К расчету установки для сушки песка в пневмопотоке:

1 – бункер приемный; 2 – питатель тарельчатый; 3 – заслонка для сбора крупной фракции; 4 – тара для сбора; 5 – горелка; 6 – трубка сушильная; 7 – бункер-накопитель; 8 – фильтр; 9 – заслонка-мигатель; 10 – вентилятор; 11 – циклон; 12 – транспортировка

Исходные данные. Установка должна сушить (Q) в час 7 т песка с начальной влажностью $\omega_{\text{нач}} = 6,3 \%$ до конечной влажности $\omega_{\text{кон}} = 0,3 \%$.

Порядок расчета:

1. Принимая максимальный (расчетный) диаметр песчинки $d_{\text{п}} = 0,001$ м, определяем рабочую скорость воздуха в сушильной трубе:

$$\nu_{\text{в}} = 1,5 \nu_{\text{вит}} = 1,5 c \sqrt{\frac{\gamma_{\text{м}} \cdot d_{\text{п}}}{\gamma_{\text{в}t^{\circ}}}},$$

где $\gamma_{\text{в}t^{\circ}}$ – удельный вес воздуха при $t = 250^{\circ}\text{C}$; $\gamma_{\text{в}250} = \gamma_{\text{в}} \frac{273}{273 + 250} =$
 $= 1,2 \cdot \frac{273}{273 + 250} \approx 0,67 \text{ кг/м}^3$.

$$\text{Получаем } \nu_{\text{в}} = 1,5 \cdot 5,7 \sqrt{\frac{2700 \cdot 0,001}{0,67}} = 17 \text{ м/с.}$$

2. Принимая весовую концентрацию смеси $\mu = 2,4$, находим площадь сечения сушильной трубы:

$$F = \frac{Q}{3600 \cdot \nu_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}t^{\circ}} \cdot \mu},$$

$$F = \frac{7000}{17 \cdot 0,67 \cdot 2,4 \cdot 3600} = 0,071 \text{ м}^2.$$

3. Рассчитываем диаметр сушильной трубы:

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{тр}}}{\pi}},$$

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,071}{3,14}} \approx 0,3 \text{ м.}$$

4. Определяем рабочую длину сушильной трубы:

$$L_{\text{тр}} = \frac{(3600 \cdot \nu_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}t^{\circ}} \cdot \mu \cdot (\omega_{\text{нач}} - \omega_{\text{кон}}))}{1000 \cdot A},$$

где A – часовая производительность сушильной трубы по влаге.

$$L_{\text{тр}} = \frac{(6,3 - 0,3) \cdot 17 \cdot 0,67 \cdot 2,4 \cdot 3600}{550 \cdot 100} \approx 11 \text{ м.}$$

5. Рассчитываем производительность вентилятора:

$$V_{\text{вент}} = \sqrt{\frac{Q}{\gamma_{\text{вф}} \cdot \mu}},$$

$$V_{\text{вент}} = \sqrt{\frac{7000}{0,67 \cdot 2,4}} = 4350 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6. Давление воздуха, которое должен обеспечить вентилятор, определяем по формуле

$$H = \alpha \Sigma h, \text{ кг/м}^2,$$

где α – коэффициент запаса; $\alpha = 1,35$.

Тогда

$$H = \alpha \Sigma h = \alpha \left[\lambda \cdot L_{\text{гор}} \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot \gamma_{\text{вф}} \left(\frac{1 + k_{\text{гор}} \cdot \mu}{2 D_{\text{тр}} \cdot g} \right) + \right. \\ \left. + \left(\lambda \cdot L_{\text{вер}} \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot \gamma_{\text{вф}} \left(\frac{1 + k_{\text{вер}} \cdot \mu}{2 D_{\text{тр}} \cdot g} \right) + \frac{(\xi_{\text{загр}} + \xi_{\text{загр}} \cdot \xi_{\text{цикл}}) \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot \gamma_{\text{вф}} \cdot (1 + \mu)}{2g} + h_{\text{ф}} \right) \right],$$

$$H = 1,35 \cdot (15 + 47 + 161 + 60) = 380 \text{ кг/м}^2.$$

7. Находим мощность двигателя вентилятора:

$$N = \frac{v_{\text{в}} \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{вент}}},$$

$$N = \frac{4350 \cdot 380}{3600 \cdot 102 \cdot 0,8} = 5,6 \text{ кВт}.$$

7. Пример расчета щековой дробилки

Задание. Определите производительность дробилки и потребную для дробления мощность (см. рис. 1.36).

Исходные данные. Длина пасти дробилки (ширина дробилки) $B = 400$ мм; диаметр куска материала, загружаемого в дробилку, $D = 200$ мм; ширина разгрузочной щели дробилки $a = 40$ мм; ход подвижной щеки дробилки $S = 20$ мм; угол захвата дробилки $\alpha = 19^\circ$; дробимый материал – известняк (прочность $\sigma = 1000$ кг/см², модуль упругости $E = 500000$ кг/см², насыпная масса материала $\gamma_{\text{м}} = 2,7$ т/м³).

Порядок расчета:

1. Рассчитываем число оборотов эксцентрикового вала:

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{S}},$$

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{0,344}{0,02}} \approx 280 \text{ об/мин.}$$

2. Находим объем призмы материала, выпадающей из дробилки за один отход подвижной щеки:

$$V_{\text{приз}} = \frac{2a + S}{2} hb = \frac{2a + S}{2} \cdot b \cdot \left(\frac{S}{\operatorname{tg} \alpha} \right),$$

$$V_{\text{приз}} = \frac{2 \cdot 0,04 + 0,02}{2} \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{0,02}{0,344} \right) = 0,0011 \text{ м}^3.$$

3. Определяем производительность дробилки:

$$Q = V_{\text{приз}} \cdot n \cdot 60 \cdot \mu \cdot \gamma_{\text{м}},$$

где μ – коэффициент разрыхления продукта; $\mu = 0,25 \div 0,5$.

$$Q = 0,0011 \cdot 280 \cdot 60 \cdot 0,4 \cdot 2,7 = 20 \text{ т/ч.}$$

4. Вычисляем потребную мощность:

$$N = \frac{\pi \cdot \sigma^2 \cdot b \cdot (D^2 - d^2)}{12 \cdot E \cdot 100 \cdot 60 \cdot 102},$$

где $d = d_{\text{ср}} = \frac{2a + 0,02}{2} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см.}$

$$N = \frac{3,14 \cdot 1000^2 \cdot 40 \cdot (20^2 - 5^2)}{12 \cdot 500000 \cdot 100 \cdot 60 \cdot 102} = 3,6 \text{ кВт.}$$

8. Расчет валковой дробилки

Задание. Определите производительность валковой дробилки и потребную для ее работы мощность (см. рис. 1.38).

Исходные данные. Диаметр валков $D = 610 \text{ мм}$; длина валков $L = 400 \text{ мм}$; расстояние между валками $e = 10 \text{ мм}$; прочность дробильного

материала $\sigma = 1300 \text{ кг/см}^2$; $E = 600000 \text{ кг/см}^2$; плотность дробимого материала $\gamma = 2700 \text{ кг/м}^3$.

Порядок расчета:

1. Определяем диаметр загружаемых кусков материала:

$$D_{\kappa} = \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{25} \right) D,$$

$$D_{\kappa} = \frac{1}{20} \cdot 610 \approx 30 \text{ мм.}$$

2. Рассчитываем число оборотов валков:

$$n = 308 \sqrt{\frac{f}{\gamma \cdot r \cdot R}},$$

где $f = 0,4$;

$$r = \frac{D_{\kappa}}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ м};$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{610}{2} = 305 \approx 0,3 \text{ м.}$$

$$\text{Получаем } n = 308 \sqrt{\frac{0,4}{2700 \cdot 0,015 \cdot 0,3}} = 55 \text{ об/мин.}$$

3. Находим окружную скорость на ободе валка:

$$\omega = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60},$$

$$\omega = \frac{3,4 \cdot 0,61 \cdot 55}{60} = 1,8 \text{ м/с.}$$

4. Определяем производительность дробилки:

$$Q = 3600 \cdot (e + S) \cdot L \cdot \omega \cdot \mu \cdot \gamma,$$

где μ – коэффициент разрыхления дробимого материала; $\mu = 0,3$;

S – величина хода подвижного валка; $S = 3 \text{ мм} = 0,003 \text{ м}$.

$$Q = 3600 \cdot (0,01 + 0,003) \cdot 0,4 \cdot 1,8 \cdot 0,3 \cdot 2,7 = 27 \text{ т/ч.}$$

5. Рассчитываем мощность, необходимую для измельчения материала:

$$N = \frac{L \cdot R \cdot n}{142800} \cdot \left\{ \frac{\sigma^2 \cdot (r^2 - 0,5l^2)}{E \cdot r} + \frac{R^2}{740} \right\},$$

$$N = \frac{40 \cdot 30,5 \cdot 55}{142800} \cdot \left\{ \frac{1300^2 \cdot (1,5^2 - 0,5 \cdot 0,5^2)}{E \cdot r} + \frac{30,5^2}{740} \right\} = 2,4 \text{ кВт.}$$

9. Пример расчета шаровой мельницы

Задание. Определите оптимальное число оборотов, необходимую мощность и производительность шаровой мельницы, предназначенной для помола донецкого угля (см. рис. 1.41).

Исходные данные. Диаметр барабана $D = 1200$ мм; длина барабана мельницы $L = 2400$ мм.

Порядок расчета:

1. Находим диаметр шаров:

$$d_{\text{ш}} \leq \frac{D}{18},$$

$$d_{\text{ш}} = \frac{1200}{18} = 63 \text{ мм.}$$

2. Определяем радиус вращения внешнего слоя шаров:

$$R = \frac{D - d_{\text{ш}}}{2},$$

$$R = \frac{1200 - 63}{2} = 568 \text{ мм} \approx 0,57 \text{ м.}$$

3. Рассчитываем редуцированный радиус шаровой загрузки:

$$R_0 = 0,785 \cdot R,$$

$$R_0 = 0,785 \cdot 0,57 = 0,447 \text{ м.}$$

4. Находим оптимальное число оборотов барабана:

$$n = \frac{30\sqrt{\cos \alpha}}{\sqrt{R_0}},$$

где α – оптимальный угол отрыва шара; $\alpha = 54^\circ 40'$.

$$\text{Получаем } n_{\text{опт}} = \frac{22,8}{\sqrt{0,447}} = 33,5 \text{ об/мин.}$$

5. Определяем вес шаровой загрузки:

$$G = \frac{\rho \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \Psi_1 \cdot \rho \cdot \Psi,$$

где D – внутренний диаметр футерованного барабана мельницы, м;
 L – длина барабана, м;
 ρ – плотность шаров; $\rho = 3,5 \div 4,0$ т/м³;
 Ψ_1 – коэффициент разрыхления материала; $\Psi_1 = 0,5 \div 0,6$;
 Ψ – коэффициент заполнения мельницы мелющими телами (в зависимости от условий работы мельницы принимается в пределах $\Psi = 0,2 \div 0,35$).

$$G = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 2,4 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 0,35 = 1,9 \text{ т.}$$

6. Рассчитываем производительность мельницы:

$$Q = AG^{0,6},$$

где A – опытный коэффициент размолоспособности материала (для угля различных марок $A = 1,5 \div 4,5$, для глины $A = 0,5 \div 2,5$, для донецкого угля $A = 2,4$).

$$Q = 2,4 \cdot 1,9^{0,6} = 1,47 \approx 1,5 \text{ т/ч.}$$

7. Находим потребную мощность:

$$N = 0,01G\sqrt{\frac{D}{2}},$$

$$N = 0,01 \cdot 1900 \sqrt{\frac{1,2}{2}} = 14,7 \approx 15 \text{ кВт.}$$

10. Пример расчета пневматического регенератора

Задание. Определите основные конструктивные параметры пневмо-регенерационной установки (см. рис. 1.50) производительностью 10 т/ч по исходному продукту и расходу электроэнергии на восстановление 1 т песка из отработанной смеси.

Характеристика регенерируемой смеси:

1. Смесь содержит выбитые и бракованные стержни, а также отходы оборотной формовочной смеси.

2. Вся масса смеси прошла магнитную сепарацию, дробление и просев.

3. Расчетный размер зерна $d_{\text{ч}} = 0,03$ см, а сrostка зерен – $d = 0,3$ см.
4. Предел прочности зерна $\sigma_{\text{зер}} = 3200$ кг/см².
5. Модуль упругости зерна $E_{\text{зер}} = 7 \cdot 10^5$ кг/см².
6. Смесь приготовлена на связующем типа ГТФ, удельная работа адгезии пленок связующего к зернам кварца составляет $\sigma_{\text{адг}} = 151 \cdot 10^3$ эрг/см². Предел прочности затвердевшего связующего $\sigma_{\text{ког}} = 220$ кг/см², модуль упругости $E_{\text{ког}} = 3 \cdot 10^4$ кг/см². Удельный вес пленки связующего $\gamma_{\text{плен}} = 0,931$ т/м³.

Порядок расчета:

1. Выбираем скорость частиц песка и скорость транспортирующего воздуха из условия $v_{\text{крит}} > v_{\text{ч}} > v_{\text{ког}}$, м/с (предполагается, что разрушение зерен песка и сrostков зерен будет проходить по одной плоскости, т. е. $a = 1$):

$$v_{\text{крит}} = \sigma_{\text{зер}} \cdot \sqrt{3a \cdot \frac{g}{\gamma_{\text{зер}} \cdot E_{\text{зер}}}},$$

$$v_{\text{крит}} = \frac{3200}{100} \cdot \sqrt{3 \cdot 1 \cdot \frac{981 \cdot 1000}{2,7 \cdot 7 \cdot 100000}} = 40 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{ког}} = \sigma_{\text{ког}} \cdot \sqrt{3a \cdot \frac{g}{\gamma_{\text{плен}} \cdot E_{\text{плен}}}},$$

$$v_{\text{ког}} = \frac{220}{100} \cdot \sqrt{3 \cdot 1 \cdot \frac{981 \cdot 1000}{2,7 \cdot 3 \cdot 100000}} = 13,3 \text{ м/с}.$$

Скорость движения частиц и скорость воздуха, перемещающего эти частицы, связаны между собой уравнениями

$$v_{\text{ч}} = v_{\text{в}} - v_{\text{вит}},$$

$$v_{\text{ког}} = v_{\text{ког.в}} - v_{\text{вит}},$$

$$v_{\text{крит}} = v_{\text{крит.в}} - v_{\text{вит}},$$

где $v_{\text{в}}$ – скорость воздуха, транспортирующего песчинки;

$v_{\text{ког.в}}$, $v_{\text{крит.в}}$ – скорость воздуха, при которой может наступить разрушение зерен;

$v_{\text{вит}}$ – скорость воздуха, при которой частица будет находиться в равновесии (витать) в потоке.

Принимаем скорость частицы $v_{\text{ч}} = 14$ м/с. Скорость витания наибольшей частицы в потоке воздуха определяется следующим образом:

$$v_{\text{вит}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{\text{ч}}}{\gamma_{\text{в}}} \cdot d_{\text{ч}}},$$

$$v_{\text{вит}} = 5,7 \cdot \sqrt{\frac{2700}{1,2} \cdot 0,003} = 15 \text{ м/с}.$$

Тогда скорость транспортирующего воздуха должна быть равна

$$v_{\text{в}} = v_{\text{ч}} + v_{\text{вит}},$$

$$v_{\text{в}} = 14 + 15 = 29 \text{ м/с}.$$

Критическая скорость транспортирующего воздуха составит

$$v_{\text{крит.в}} = v_{\text{крит}} + v_{\text{вит}},$$

$$v_{\text{крит.в}} = 40 + 15 = 55 \text{ м/с}.$$

Учитывая наличие песчаной подушки на внутренней поверхности отбойного щита, а также сопротивление среды при вылете аэросмеси и др., рабочую скорость воздуха увеличивают до $v_{\text{в}} = (1,15 \div 1,25) \cdot v_{\text{крит.в}} = 70$ м/с.

2. Для выбора конструктивной схемы регенератора определяем число отбойно-истирательных циклов, необходимое для очистки зерен песка:

$$n = \frac{6 \cdot \sigma_{\text{адг}} \cdot g \cdot t}{0,98 \cdot 10^6 \cdot d_{\text{ч}} \cdot \gamma_{\text{ч}} \cdot (1 + \beta \cos \alpha) \cdot v_{\text{ч}} \cdot f \cdot l},$$

где $v_{\text{ч}} = 1400$ см/с;

$f = 0,6$ – коэффициент трения частиц песка друг о друга;

t – продолжительность одного цикла; $t = 0,012$ с;

l – путь истирания частицы за один цикл; $l = 25$ см;

β – коэффициент, показывающий отношение скоростей потока на пути истирания; $\beta = 0,25 \div 0,85$;

α – угол конуса отбойно-истирающего устройства; $\alpha = 165^\circ$;

$d_{\text{ч}} = 0,03$ см;

$$\gamma_{\text{ч}} = \frac{2,7}{1000} \text{ кг/см}^3.$$

Получаем

$$n = \frac{6 \cdot 151 \cdot 1000 \cdot 981 \cdot 1000 \cdot 0,0012}{0,98 \cdot 10^6 \cdot 0,03 \cdot 2,7 \cdot (1 + 0,8 \cdot \cos 165^\circ) \cdot 1400 \cdot 0,6 \cdot 25} \approx 3 \text{ цикла.}$$

Принимаем регенератор, состоящий из двух четырехсекционных линий с последовательным режимом работы. Количество очистительных циклов будет равно числу секций в одной линии ($n = 4$).

3. Определяем расход воздуха, диаметр и длину трубы разгонного устройства. Для этого принимаем весовую концентрацию смеси $\mu = 2,3$ кг/м и количество отбойно-истирательных циклов, необходимых для очистки песка, $n = 4$. Рассчитываем расход воздуха для обеспечения заданной производительности регенератора ($Q = 10$ т/ч):

$$V_B = \frac{Q \cdot n}{\mu \cdot \gamma_B},$$

$$V_B = \frac{10000 \cdot 4}{2,3 \cdot 1,2} = 14493 \approx 14500 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Количество воздуха, проходящего через каждую секцию регенератора, т. е. через каждую разгонную трубу, составляет

$$V_{B1} = \frac{V_B}{2 \cdot n},$$

$$V_{B1} = \frac{14500}{2 \cdot 4} = 1812,5 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Диаметр разгонной трубы находим из выражения

$$f_{\text{тр}} = \frac{V_{B1}}{v_B},$$

$$f_{\text{тр}} = \frac{1812,5}{70 \cdot 3600} = 0,0072 \text{ м}^2,$$

откуда

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{тр}}}{\pi}},$$

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0072}{3,14}} = 0,096 \text{ м} = 96 \text{ мм.}$$

Длину разгонной трубы определяем из условия разгона частицы от нулевой скорости до $v_{\text{ч}} = 14$ м/с (скорость воздуха при этом должна быть $v_{\text{в}} = 70$ м/с, а скорость витания частицы – $v_{\text{вит}} = 15$ м/с)

$$L_{\text{тр}} = \frac{v_{\text{вит}}}{2 \cdot g} \left[(v_{\text{в}} - v_{\text{вит}}) \cdot \ln \frac{v_{\text{в}} - v_{\text{вит}}}{v_{\text{в}} - v_{\text{вит}} - v_{\text{ч}}} - (v_{\text{в}} + v_{\text{вит}}) \cdot \ln \frac{v_{\text{в}} + v_{\text{вит}}}{v_{\text{в}} + v_{\text{вит}} - v_{\text{ч}}} \right],$$

$$L_{\text{тр}} = \frac{15}{2 \cdot 9,8} \left[(70 - 15) \cdot \ln \frac{70 - 15}{70 - 15 - 14} - (70 + 15) \cdot \ln \frac{70 + 15}{70 + 15 - 14} \right] = 0,6 \text{ м.}$$

4. Находим потери напора в разгонной трубе, которые включают в себя потери, связанные с вводом материала в разгонную трубу, разгоном материала в трубе, подъемом материала на высоту трубы, а также с трением воздушно-песчаной смеси при движении ее по трубе:

$$H_{\text{тр}} = \xi \cdot \frac{\gamma_{\text{в}} \cdot v_{\text{в}}^2}{2g} + \frac{G \cdot v_{\text{в}}}{g} + \frac{G \cdot L_{\text{тр}}}{v_{\text{в}} - v_{\text{вит}}} + \lambda \cdot \frac{L_{\text{тр}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot v_{\text{в}}^2}{d_{\text{тр}} \cdot 2g} \cdot (i + k \cdot \mu),$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления; $\xi = 0,2$;

λ – безразмерный коэффициент сопротивления; $\lambda = 0,02$;

k – опытный коэффициент; $k = 1,25$;

G – удельная подача материала; кг/м².

Удельную подачу материала определяем по формуле

$$G = \frac{Q}{f_{\text{тр}} \cdot i \cdot 3600},$$

где i – число параллельных линий в регенераторе.

$$G = \frac{10000}{0,0072 \cdot 2 \cdot 3600} = 193 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$$

$$H_{\text{тр}} = 0,2 \cdot \frac{1,2 \cdot 70^2}{2 \cdot 9,8} + \frac{193 \cdot 70}{9,8} + \frac{193 \cdot 0,6}{70 - 15} + 0,02 \cdot \frac{0,6 \cdot 1,2 \cdot 70^2}{0,096 \cdot 2 \cdot 9,8} \cdot (1 + 1,25 \cdot 2,3) = 1586 \text{ кг/м}^2.$$

Полная потеря напора в регенераторе составляет

$$H_{\text{пол}} = \frac{H_{\text{тр}}}{\eta_{\text{эж}}},$$

где $\eta_{\text{эж}}$ – КПД эжектора; $\eta_{\text{эж}} = 0,85$.

$$H_{\text{пол}} = \frac{1586}{0,85} = 1866 \text{ кг/м}^2.$$

5. Для определения диаметра сопла эжектора загрузочного устройства находим скорость воздуха на выходе из сопла:

$$v_{\text{в.с}} = \Psi \sqrt{\frac{2g \cdot H_{\text{пол}}}{\gamma_{\text{в}}}},$$

где Ψ – коэффициент скорости; $\Psi = 0,95$.

$$\text{Получаем } v_{\text{в.с}} = 0,95 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1866}{1,2}} = 166 \text{ м/с.}$$

Площадь поперечного сечения сопла рассчитывается по формуле

$$f_{\text{с}} = \frac{V_{\text{в1}}}{v_{\text{в.с}} \cdot 3600},$$

$$f_{\text{с}} = \frac{1812,5}{166 \cdot 3600} = 0,003 \text{ м}^2.$$

Диаметр сопла эжектора составляет

$$d_{\text{с}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{с}}}{\pi}},$$

$$d_{\text{с}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,003}{3,14}} = 0,0618 \text{ м.}$$

Принимаем $d_{\text{с}} = 62 \text{ мм}$.

6. Выбираем зазоры у входного и выходного концов разгонной трубы.

Определяем величину нижнего зазора:

$$h = \frac{D_{\text{к}} - d_{\text{с}}}{2} \cdot \text{tg}\varphi,$$

где $D_{\text{к}}$ – диаметр коллектора разгонной трубы; $D_{\text{к}} = 2 \cdot d_{\text{тр}}$.

$$\text{Получаем } h = \frac{192 - 62}{2} \cdot \text{tg}45 = 65 \text{ мм.}$$

Находим величину верхнего зазора:

$$z = S_0 - l,$$

где S_0 – длина начального участка струи, при которой начальная скорость струи в ее центральной части остается постоянной.

Величину S_0 можно определить по формуле

$$S_0 = \frac{0,335 \cdot d_{\text{тр}}}{a},$$

где a – безразмерный коэффициент турбулентности струи, характеризующий интенсивность перемешивания основной массы струи с окружающим воздухом; $a = 0,076$.

$$S_0 = \frac{0,335 \cdot 96}{0,076} = 423 \text{ мм.}$$

Тогда $z = 423 - 250 = 173 \text{ мм.}$

7. Площадь поперечного сечения камеры секции регенератора должна соответствовать отношению

$$\frac{F_{\text{кам}}}{f_{\text{тр}}} = 50 \div 100,$$

где $f_{\text{тр}}$ – площадь сечения разгонной трубы.

Принимаем размеры камеры в свету $0,6 \times 1,0 \text{ м}$, тогда

$$\frac{F_{\text{кам}}}{f_{\text{тр}}} = \frac{0,6}{0,0072} = 83.$$

8. Определяем расход энергии:

$$\mathfrak{E} = \mathfrak{E}_{\text{рег}} + \mathfrak{E}_{\text{вент}} = \frac{q_{\text{в}} \cdot H_{\text{пол}} \cdot 1000}{3,6 \cdot 102 \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \beta} + \mathfrak{E}_{\text{вент}},$$

где $q_{\text{в}}$ – весовой расход воздуха, затрачиваемого на очистку 1 кг смеси;

$$q_{\text{в}} = \frac{n}{\mu} = \frac{4}{2,3} = 1,74 \text{ кг};$$

$\eta_{\text{м}}$ – общий КПД воздуходувки и электромотора; $\eta_{\text{м}} = 0,7$;

$\beta = 0,7 \div 0,8$ – коэффициент выхода годного продукта.

$$N = \frac{1,74 \cdot 1866 \cdot 1000}{3,6 \cdot 102 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,75} + 6000 = 20000 \text{ Вт} \cdot \text{ч/т} = 20 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}.$$

11. Пример расчета механического (планетарного) регенератора

Задание. Определите количество разгонных конусов, число оборотов вертикального вала, несущего на себе разгонные конусы-тарелки, а также производительность регенератора (в т/ч).

Исходные данные. Характеристика исходного материала такая же, как в примере 10. Согласно расчету, $v_{\text{кор}} \approx 22$ м/с (рис. 7).

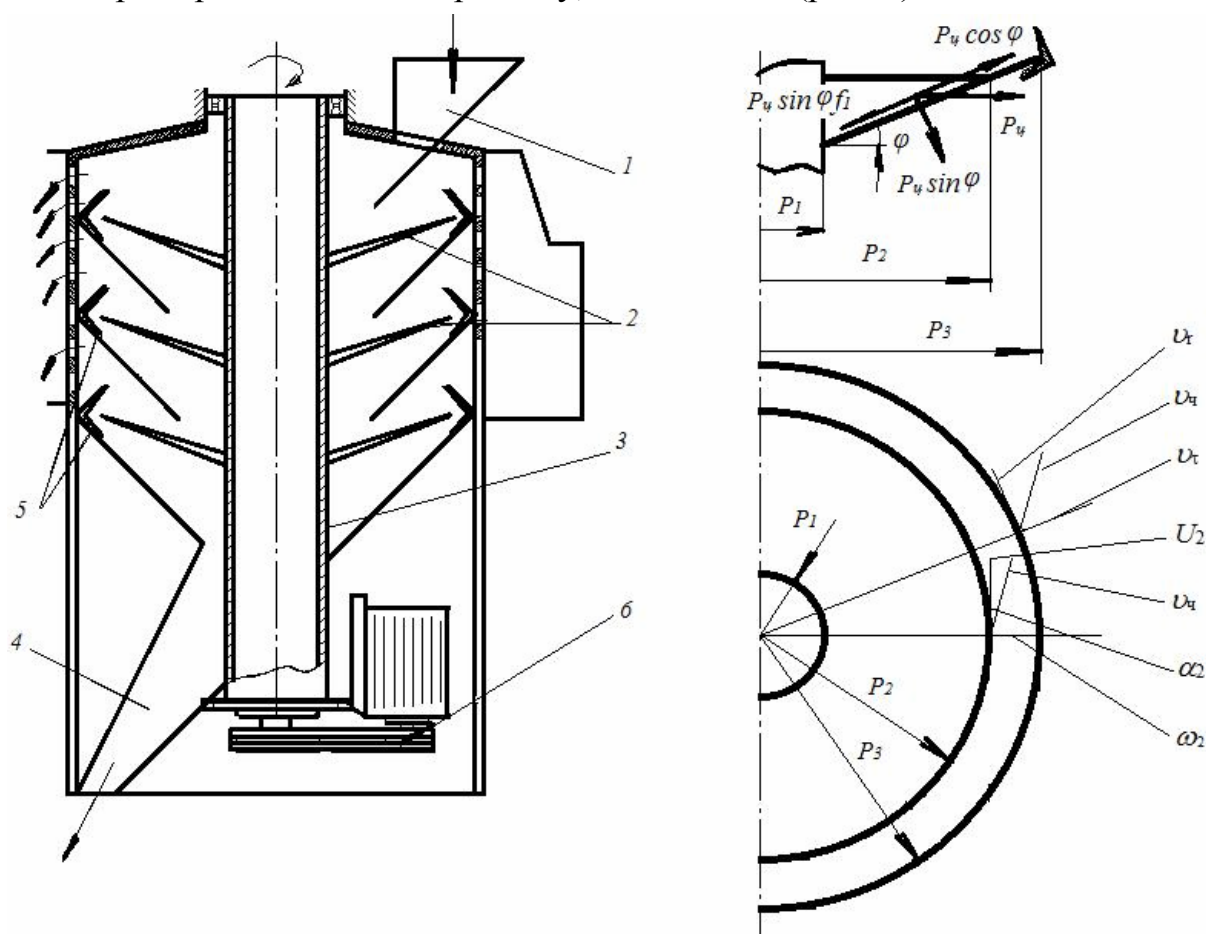


Рис. 7. К расчету планетарного регенератора:

1 – бункер; 2 – устройство разгонное; 3 – вал полый; 4 – лоток; 5 – устройство истирающее; 6 – электропривод

В соответствии с условием $v_{\text{ч}} > v_{\text{кор}}$ принимаем $v_{\text{ч}} = 27$ м/с.

Порядок расчета:

1. Находим число истирательных циклов:

$$i = \frac{6 \cdot \sigma_{\text{адг}} \cdot g \cdot \rho_2}{0,98 \cdot 10^6 \cdot d_{\text{ч}} \cdot \gamma_{\text{ч}} \cdot f_{\text{ч}} \cdot v_{\text{ч}}^2 \cdot l},$$

$$i = \frac{6 \cdot 151 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 1000 \cdot 25}{0,98 \cdot 10^6 \cdot 0,03 \cdot 2,7 \cdot 0,6 \cdot 2700^2 \cdot 25} \approx 2,5.$$

Принимаем регенератор с тремя конусами.

2. Определяем радиальную скорость при сходе частицы с разгонного конуса:

$$\omega_2 = 1,42 \cdot v_{\text{ч}} \cdot \frac{\sin \alpha_2}{\cos \varphi}.$$

Из графического построения при $\alpha_3 = 45^\circ$, $\rho_1 = 8$ см и $\rho_2 = 25$ см находим $\alpha_2 = 30^\circ$, угол φ принимаем равным 45° .

$$\text{Тогда } \omega_2 = 1,42 \cdot 2700 \cdot \frac{0,5}{0,707} = 2711 \text{ см/с.}$$

3. Для определения числа оборотов вертикального вала вычисляем угловую скорость:

$$\omega = \frac{\omega_2}{\sqrt{(\cos \varphi - f_1 \sin \varphi) \cdot (\rho_2^2 - \rho_1^2)}},$$

$$\omega = \frac{2711}{\sqrt{(0,707 - 0,707 \cdot 0,6) \cdot (25^2 - 8^2)}} = 215 \text{ с}^{-1}.$$

Число оборотов составляет

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi},$$

$$n = \frac{30 \cdot 215}{3,14} = 2054 \text{ об/мин.}$$

4. Рассчитываем производительность регенератора по исходному продукту:

$$Q = 3 \cdot \frac{\delta}{\mu_1} \cdot \omega \cdot \rho_2^2,$$

$$Q = 3 \cdot \frac{0,959}{4,61} \cdot 215 \cdot 0,25^2 = 8,7 \text{ т/ч.}$$

12. Пример расчета каткового смесителя

Задание. Определите основные конструктивные параметры смесителя (рис. 8) и мощность привода.

Исходные данные. Производительность смесителя Π , $\text{м}^3/\text{с}$; прочность смеси во влажном состоянии σ , МПа; технологически необходимое время перемешивания $\tau_{\text{пер}}$, с.

Порядок расчета:

1. Размеры чаши определяем, исходя из заданной производительности смесителя:

$$V_{\text{зам}} = \Pi \cdot \tau_{\text{пер}},$$

где $V_{\text{зам}}$ – объем замеса в одной чаше, м^3 .

Находим объем замеса в одной чаше:

$$V_{\text{зам}} = S_{\text{зам}} \cdot H_{\text{зам}}, \text{ м}^3,$$

где $S_{\text{зам}}$ – площадь замеса, м^2 ;

$H_{\text{зам}}$ – высота замеса, м.

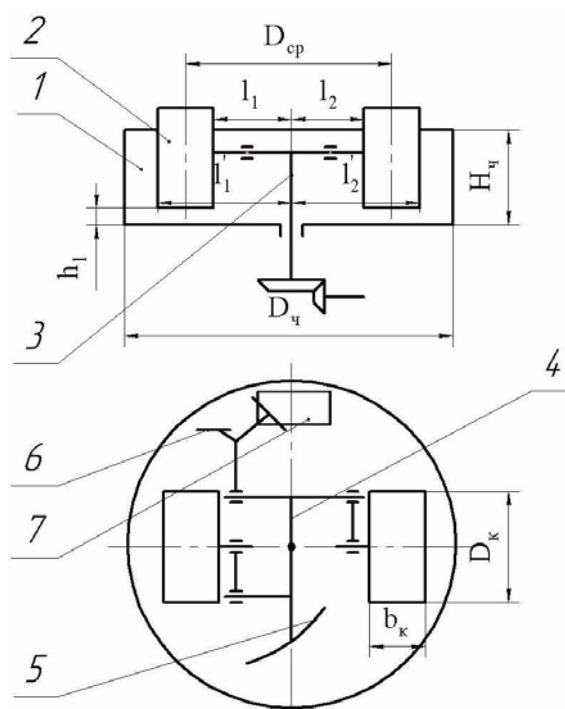


Рис. 8. Схема смешивающих литейных бегунов с вертикальными катками:

1 – неподвижная чаша; 2 – катки; 3 – вертикальный вал; 4 – траверса; 5, 6 – плужки;
7 – разгрузочный люк

Определяем площадь замеса:

$$S_{\text{зам}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ч}}^2}{4}, \text{ м}^2,$$

где $D_{\text{ч}}$ – диаметр чаши, м.

Высоту замеса можно рассчитать по формуле

$$H_{\text{зам}} = h_1 + h_2, \text{ м},$$

где h_1 – зазор (высота слоя смеси) между крайней нижней точкой катка и дном чаши, м (обычно принимается равным $h_1 = 0,020 \div 0,025$ м);

h_2 – высота слоя смеси, захватываемой под каток (принимается равной $h_2 = 0,06 \div 0,08$ м).

$$\text{Получаем } V_{\text{зам}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ч}}^2}{4} \cdot (h_1 + h_2), \text{ м}^3.$$

Так как под катки смесителя в каждый данный момент попадает лишь часть смеси, загружаемой в чашу (около 80÷85 %), а остальная масса смеси поднимается плужками – отвалами выше слоя h_1 , получаем расчетную формулу для определения диаметра чаши:

$$D_{\text{ч}} = (0,8 \div 0,85) \sqrt{\frac{4V_{\text{зам}}}{\pi(h_1 + h_2)}}, \text{ м}^3.$$

Диаметр чаши можно также установить по табл 1.

Таблица 1

Основные параметры смесителей по ГОСТ 15955–80

Параметр	Тип смесителя	Норма для типоразмера									
		0,003	0,005	0,025	0,25	0,4	1,0 (1,25)	1,6	2,0	3,2	3,7
Объем замеса в одной чаше, м ³ , не менее	1; 3.1										
	2; 3.2	–	0,005	–	0,16	(0,63)	1,0	1,6	–	–	–
Внутренний диаметр чаши, мм	1; 3.1	350	450	670	1400 (1500)	1600	2000 (2800)	2300	2500	2800	3000
	2; 3.2	–	400	–	760	(2000)	2000	2500	–	–	–

Примечания:

1. Типы смесителей: 1 – периодического действия с одной чашей и вращающимися вокруг ее вертикальной оси катками и отвалами, перемешивающими компоненты смеси на горизонтальной поверхности днища чаши; 2 – периодического действия с одной чашей и вращающимися вокруг ее вертикальной оси катками и отвалами, перемешивающими компоненты смеси на вертикальной поверхности обечайки чаши; 3 – непрерывного действия с двумя и более чашами и вращающимися вокруг ее вертикальной оси катками и отвалами, перемешивающими компоненты смеси на горизонтальных поверхностях днищ чаш (3.1) или вертикальных поверхностях обечаек чаш (3.2).

2. Параметры, указанные в скобках, не должны применяться при новом проектировании.

Рабочая высота чаши принимается из условия удобства обслуживания:

- для открытых производительных смесителей $H_{\text{ч}} = 0,7 \div 0,8$ м;
- для закрытых смесителей $H_{\text{ч}} = 0,4 \div 0,5$ м.

2. Определяем размеры катков смесителя. Высокое качество смешивания достигается только в том случае, если материалы, загружаемые в чашу смесителя, неоднократно подвергаются действию плужков и катков, распределяющих смесь, уплотняющих и вращающих зерна песка. Такое действие станет возможным, если под каток будет затягиваться определенный по высоте слой смеси. Чтобы частицы смеси захватывались катками, угол захвата α между касательной $T - T$ и горизонтальной осью (рис. 9) не должен превышать некоторой величины, соответствующей конструктивным параметрам смесителя.

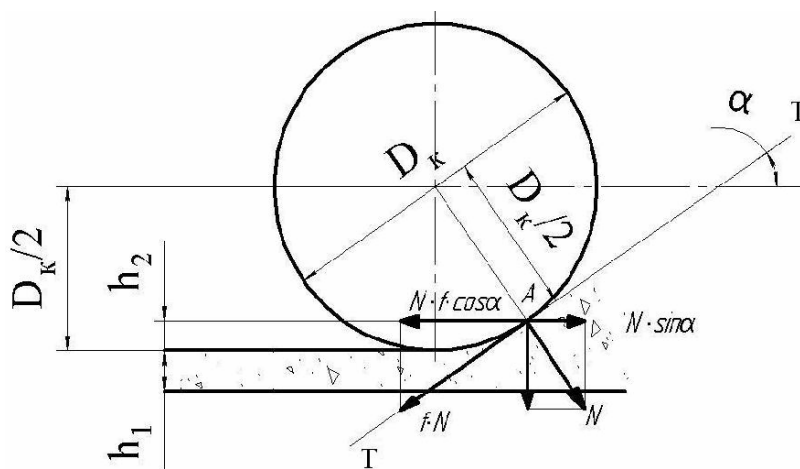


Рис. 9. Схема сил, действующих на каток

Для определения условий захвата смеси катками рассмотрим усилия, действующие в смесителе при перемещении катка по слою смеси. Давление N на смесь направлено перпендикулярно к касательной, проведенной через точку A , и при движении катка вызывает в этой точке силу трения, равную произведению $N \cdot f$, направленную по касательной.

Частицы смеси будут затягиваться под катки при условии

$$N \cdot f \cdot \cos \alpha \geq N \cdot \sin \alpha,$$

где $N \cdot f \cdot \cos \alpha$ – горизонтальная составляющая силы трения;

$N \cdot \sin \alpha$ – горизонтальная составляющая силы давления катка на смесь.

Из данного условия получаем

$$f \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Обычно коэффициент трения f принимается равным 0,7, тогда $\operatorname{tg} \alpha = 0,7$, что соответствует углу $\alpha = 35^\circ$. Значит, для затягивания смеси под каток угол α должен быть не менее 35° .

Исходя из геометрических построений

$$\frac{D_k}{2} = \frac{D_k}{2} \cos \alpha + h_2, \text{ м.}$$

Отсюда

$$D_k = \frac{2h_2}{1 - \cos \alpha}, \text{ м.}$$

Так как с возрастанием D_k уменьшается угол α и соответственно увеличивается D_q и уменьшается $\sin \alpha$, т. е. становится меньше $\operatorname{tg} \alpha$ и, значит, улучшаются условия захвата смеси катками, для расчетов нужно принимать

$$D_k \geq \frac{2h_2}{1 - \cos \alpha}, \text{ м.}$$

При $\alpha = 35^\circ$ $D_k \approx 11h_2$, обычно принимается $D_k = (11-12) h_2$.

Ширина катка b_k у большинства смесителей находится в следующей зависимости от диаметра катка D_k и диаметра чаши D_q :

$$b_k = \left(\frac{1}{3,25} - \frac{1}{5} \right) \cdot D_k, \text{ м,}$$

или

$$b_k = \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{12} \right) \cdot D_q, \text{ м.}$$

Вес катка определяется исходя из условия, что перетирающее действие в смесителях и необходимое качество смешивания обеспечиваются при уплотнении элементарных слоев смеси в процессе смешивания. Давление на смесь усиливается действием специальных пружин.

Нажатие катка на смесь можно найти из выражения

$$G_k = q \cdot b_k, \text{ кН,}$$

где q – допускаемая нагрузка на единицу ширины катка, кН/м. Она зависит от объема замеса $V_{\text{зам}}$:

$V_{\text{зам}}, \text{ м}^3$	0,25	0,4	0,6	1,0	1,26	1,6
$q, \text{ кН/м}$	20	25	32	40	56	80

3. Частоту вращения катка рассчитываем, используя классические формулы:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad v = \frac{D}{2}.$$

В результате объединения получаем

$$n_k = \frac{60 \cdot v_k}{\pi \cdot D_k}, \text{ мин}^{-1},$$

где $v_k = 1,4 \div 2,2$ м/с – линейная скорость точек, лежащих на образующей катка.

4. Частоту вращения вертикального вала смесителя находим из соотношения

$$n_b = n_k \cdot \frac{D_k}{D_{cp}}, \text{ мин}^{-1},$$

где D_{cp} – средний диаметр качения катка, м.

$$D_{cp} = l_1 + l_2 = l'_1 + l'_2 - b_k \text{ (см. рис. 8).}$$

При несимметричном расположении катков

$$l'_1 = l_1 + 0,5, \text{ м};$$

$$l'_2 = (1,15 \div 1,25) \cdot l'_1, \text{ м.}$$

5. Определяем мощность привода смесителя. Мощность, потребляемая смесителем, расходуется на качение и скольжение катков относительно смеси, а также на перемещение смеси плужками:

$$N = N_{\text{кач}} + N_{\text{ск}} + N_{\text{пл}}, \text{ кВт.}$$

Мощность, необходимая для качения катков, рассчитывается по формуле

$$N_{\text{кач}} = \frac{G_k \cdot n_b \cdot D_{cp} \cdot \lambda \cdot V_{\text{зам}}}{60 \cdot R_k \cdot S_{\text{зам}}}, \text{ кВт},$$

где G_k – сила прижима смеси катком, кН;

n_b – число оборотов вертикального вала смесителя в минуту, мин^{-1} ;

λ – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние свойств смеси на сопротивление качению по ней катков; $\lambda = 0,8 + 32\sigma$;

R_k – радиус катка, м.

Мощность, расходуемая на скольжение катков относительно смеси, составляет

$$N_{\text{ск}} = \frac{G_{\text{к}} \cdot n_{\text{в}} \cdot b_{\text{к}} \cdot f}{60}, \text{ кВт},$$

где f – коэффициент трения катка о смесь (принимается равным $f = 0,3 \div 0,4$).

Мощность, затрачиваемая на перемещение смеси плужками, определяется следующим образом:

$$N_{\text{пл}} = G_{\text{зам}} \cdot n_{\text{в}}^2 \cdot K \cdot \gamma, \text{ кВт},$$

где $G_{\text{зам}}$ – вес замеса, кН;

K – коэффициент, учитывающий зависимость мощности привода от свойств формовочной смеси; $K = 0,7 + 30\sigma$, с/м²;

γ – геометрический параметр плужков.

Находим вес замеса:

$$G_{\text{зам}} = V_{\text{зам}} \cdot \delta_0, \text{ кН},$$

где δ_0 – объемный вес рыхлой смеси; $\delta_0 = 11 \div 12$ кН/м³.

Рассчитываем геометрический параметр плужков:

$$\gamma = \sum \gamma_i = \frac{1}{3} \left[h_1 (r_{1,2}^3 - r_{1,1}^3) + h_2 (r_{2,2}^3 - r_{2,1}^3) + h_3 (r_{3,2}^3 - r_{3,1}^3) \right], \text{ м}^4,$$

где h_1, h_2, h_3 – высота плужков, м;

$r_{1,1}, r_{1,2}, r_{2,1}, r_{2,2}, r_{3,1}, r_{3,2}$ – расстояние от оси вращения до границ соответствующих участков плужков, м (рис. 10).

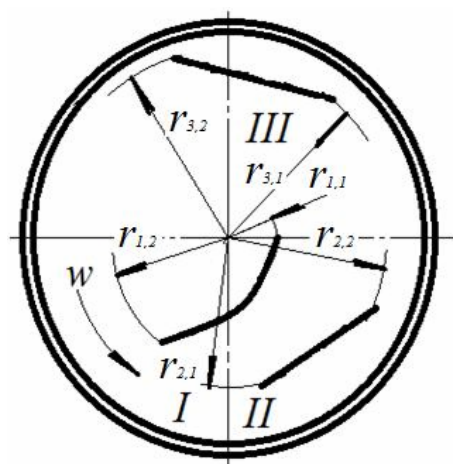


Рис. 10. Схема к расчету геометрического параметра плужков

Принимаем $h_1 = 0,02 \div 0,03$ м; $h_2 = 0,08 \div 0,1$ м; $r_{1.1} \approx 0,1 \cdot R_{\text{ч}}$; $r_{1.2} \approx r_{2.1} \approx 0,3 \cdot R_{\text{ч}}$; $r_{2.2} \approx r_{3.1} \approx 0,6 \cdot R_{\text{ч}}$; $r_{3.2} \approx 0,9 \cdot R_{\text{ч}}$ ($R_{\text{ч}} = \frac{D_{\text{ч}}}{2}$ – радиус чаши, м).

Мощность двигателя смесителя определяем по формуле

$$N_{\text{дв}} = K_y \cdot N_{\text{см}} \cdot \frac{1}{\eta}, \text{ кВт},$$

где $K_y = 1,04 \div 1,2$ – коэффициент установочной мощности;
 $\eta = 0,8 - 0,95$ – КПД привода смесителя.

При работе сдвоенных бегунов каждая чаша рассматривается отдельно.

Таким образом, мощность привода смесеприготовительных машин зависит от массы замеса, свойств приготавливаемой смеси, площади чаши, расположения и числа плужков, размеров катков и мест их установки, частоты вращения вертикального вала и других факторов.

Мощность привода катковых смесителей (бегунов) можно также рассчитать по следующей приближенной формуле [11]:

$$N_{\text{см}} = N_{\text{х.х}} \cdot \frac{N_{\text{пл}} + N_{\text{кач}} + N_{\text{ск}}}{1 - \beta_{\text{пот}}}, \text{ кВт},$$

где $N_{\text{х.х}}$ – мощность холостого хода, определяемая КПД электродвигателя и потерями на трение в механизмах машины;
 $\beta_{\text{пот}}$ – коэффициент относительной мощности на компенсацию дополнительных потерь, пропорциональных нагрузок (принимают $\beta_{\text{пот}} = 0,03 \div 0,05$).

Для серийно выпускаемых бегунов $N_{\text{х.х}} \approx 2,5 \div 3,0$ кВт, $N_{\text{пл}} \approx 3,0 \div 4,0$ кВт, $N_{\text{кач}} \approx 15 \div 30$ кВт, $N_{\text{ск}} \approx 1,5 \div 3,0$ кВт.

13. Пример расчета центробежного смесителя

Задание. Определите основные конструктивные параметры центробежного смесителя (рис. 11) и мощность привода.

Исходные данные. Производительность смесителя Π , ч³/м; прочность смеси во влажном состоянии σ , МПа; технологически необходимое время перемешивания $\tau_{\text{пер}}$, мин.

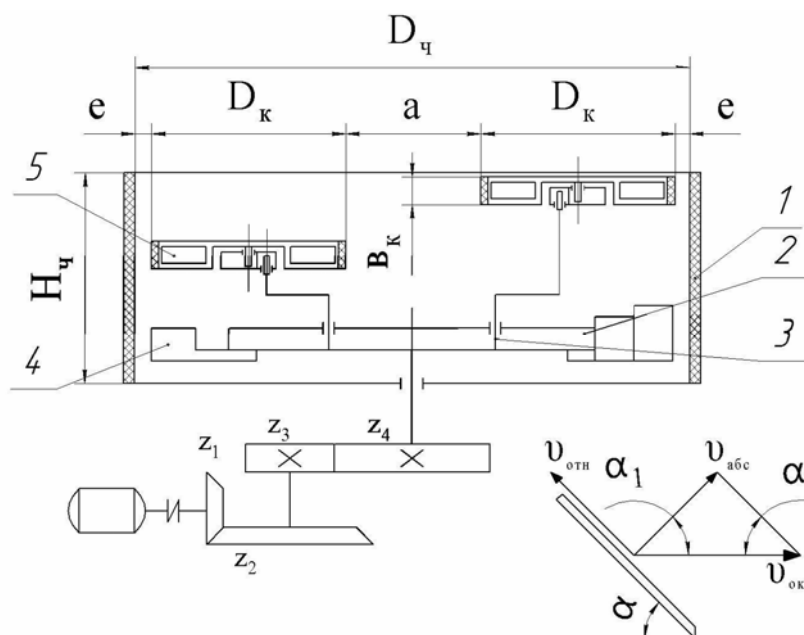


Рис. 11. Схема центробежного смесителя:

1 – чаша, облицованная резиной; 2 – ротор; 3 – маятники-кривошипы; 4 – плужки;
5 – катки, облицованные резиной

Порядок расчета:

1. Определяем размеры чаши смесителя.

Рабочая высота чаши $H_ч$ производственного смесителя принимается равной 0,45–0,55 м.

Диаметр чаши рассчитывается по формуле

$$D_ч = \sqrt{\frac{4 \cdot V_ч}{\pi \cdot H_ч}}, \text{ м},$$

где $V_ч$ – объем чаши смесителя, м^3 .

Объем чаши смесителя составляет

$$V_ч = 3,2 \cdot V_{\text{зам}}, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{зам}}$ – емкость одного замеса, м^3 .

Емкость одного замеса равна

$$V_{\text{зам}} = \Pi \cdot t_{\text{пер}}, \text{ м}^3,$$

где Π – производительность смесителя, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Можно также установить диаметр чаши по табл. 2.

Таблица 2

**Технологические характеристики промышленных
литейных центробежных смесителей периодического действия**

Параметр	Модель					
	116М2	15326	15328	115М	1А-14	116
Объем замеса, м ³	0,63	1,0	1,6	0,4	0,25	0,75
Внутренний диаметр чаши, мм	2000	2000	2500	1925	—	—
Высота чаши, мм	664	664	685	—	—	—
Диаметр катка, мм	830	830	—	—	—	—
Ширина катка, мм	86	86	—	—	—	—
Масса катка, кг	—	—	—	—	—	—
Число катков	3	2	3	2	2	3
Число отвалов	3	2	3	—	—	—
Частота вращения вертикального вала, мин ⁻¹	67	54,5	45	74	90	61,5
Усилия давления катка, кН	—	—	—	—	—	—
Удельное давление катка, МПа	—	—	—	—	—	—
Характеристика трансмиссии	Z ₁ =13, Z ₂ =56, Z ₃ =18, Z ₄ =92	Z ₁ =12, Z ₂ =53, Z ₃ =24, Z ₄ =121	Z ₁ =12, Z ₂ =53, Z ₃ =24, Z ₄ =121	—	—	—
Мощность привода электродвигателя, кВт	100	110	160	89	55	100
Частота вращения вала двигателя, мин ⁻¹	1500	—	—	—	—	—

2. Определяем размеры катков смесителя.

Диаметр катка составляет

$$D_k = \frac{D}{2} - e - \frac{a}{2}, \text{ м},$$

где e – зазор между катком и внутренней поверхностью чаши (принимается равным 0,02÷0,03 м);

a – расстояние между двумя катками (принимается равным 0,25 м).

Ширина катков центробежного смесителя выбирается исходя из конструктивных соображений в пределах $d_k = 0,1 \div 0,2$ м.

3. Находим скорость движения смеси по стенкам чаши. Основным процессом в центробежных бегунах является бросание смеси с большой скоростью на резиновую поверхность обечайки чаши. Частицы смеси, подхватываемые плужком, движутся по его поверхности с относительной скоростью $v_{отн}$ (см. рис. 11), одновременно перемещаясь с плужком вокруг вертикальной оси вращения ротора с окружной (переносной) скоростью $v_{окр}$. Скорость, при которой частицы смеси срываются с плужка, является абсолютной скоростью частиц $v_{абс}$, равной геометрической сумме относительной и переносной скоростей.

Эти скорости взаимосвязаны следующим образом:

$$\frac{v_{абс}}{\sin \alpha} = \frac{v_{отн}}{\cos \alpha} = v_{окр} = \frac{v_{абс}}{\cos \alpha_1} = \frac{v_{отн}}{\sin \alpha_1}.$$

Смеситель имеет 2 плужка: первый с $\alpha = 60^\circ$, $\alpha_1 = 30^\circ$; второй с $\alpha = 45^\circ$, $\alpha_1 = 45^\circ$.

Абсолютную скорость движения смеси для плужка с $\alpha = 60^\circ$, $\alpha_1 = 30^\circ$ ($v_{абс}^{60^\circ}$) принимаем равной 6,3 м/с.

$$\text{Тогда } v_{окр}^{60^\circ} = \frac{v_{абс}^{60^\circ} \cdot \sin 60^\circ}{\cos 60^\circ} = 7,3 \text{ м/с}; \quad v_{окр}^{45^\circ} = v_{абс}^{60^\circ}.$$

Зная $v_{абс}^{60^\circ}$, находим $v_{отн}^{60^\circ}$, $v_{отн}^{45^\circ}$, $v_{абс}^{45^\circ}$.

4. Проводим кинематический расчет.

Число оборотов ротора смесителя (вертикального вала) находим из уравнения переносной скорости частиц смеси:

$$n_p = \frac{60 \cdot v_{окр}}{\pi(D_q - 2\Delta)}, \text{ мин}^{-1},$$

где $\Delta = 0,025$ м – зазор между кромками плужков и внутренней поверхностью чаши.

Общее передаточное отношение привода смесителя определяем по формуле

$$i_{общ} = \frac{n_p}{n_{дв}} \approx \frac{n_p}{1460}, \quad i_{общ} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \dots,$$

где z_1, z_2, z_3, z_4 и т. д. – число зубьев в зубчатых парах и диаметры шкивов для ремней силовой передачи.

Число оборотов катка рассчитываем, исходя из условия его перекачивания без скольжения по слою смеси, удерживаемой на стенках чаши:

$$n_k = n_p \cdot \frac{(D_{\text{ч}} - 2e)}{D_k}, \text{ мин}^{-1}.$$

Угловую скорость вращения ротора определяем по формуле

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30}, \text{ рад/с}.$$

5. Находим потребляемую смесителем мощность, которая затрачивается на перемещение плужков $N_{\text{пл}}$, катков N_k и преодоление потерь $N_{\text{пот}}$.

Мощность, расходуемая на перемещение смеси плужками, составляет

$$N_{\text{пл}} = K \cdot \gamma \cdot \omega_p^2 \cdot G_{\text{зам}},$$

где K – коэффициент, учитывающий свойства смеси; $K = 0,7 + 30\sigma$, с/м³;
 γ – геометрический параметр плужков (рис. 12);
 $G_{\text{зам}}$ – вес замеса, кН.

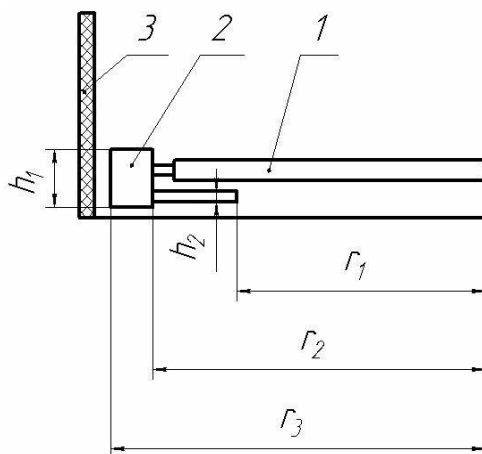


Рис. 12. Схема к расчету геометрического параметра плужков:

1 – ротор; 2 – плунжер; 3 – чаша

Находим вес замеса:

$$G_{\text{зам}} = V_{\text{зам}} \cdot \delta_0, \text{ кН},$$

где δ_0 – вес смеси, кН/м³ (обычно δ_0 принимают из интервала значений 11÷13 кН/м³).

Определяем геометрический параметр плужков:

$$\gamma = \frac{1}{3} \left[h_1^{60^\circ} (r_2^3 - r_1^3) + h_2^{60^\circ} (r_3^3 - r_2^3) + h_1^{45^\circ} (r_2^3 - r_1^3) + h_2^{45^\circ} (r_3^3 - r_2^3) \right], \text{ м}^4,$$

где радиусы и высоты плужков берутся из следующих соотношений:
 $r_1 = 0,6R_{\text{ч}}$, м; $r_2 = 0,8R_{\text{ч}}$, м; $r_3 = R_{\text{ч}} - e$, м; $h_1^{60^\circ} = 0,12$ м; $h_2^{60^\circ} = 0,06$ м;
 $h_1^{45^\circ} = 0,08$ м; $h_2^{45^\circ} = 0,025$ м.

Мощность, затрачиваемая на перемещение катков, определяется по формуле

$$N_{\text{к}} = F_{\text{тр.кач}} \cdot v_{\text{к}} \cdot i_{\text{к}}, \text{ кВт},$$

где $F_{\text{тр.кач}}$ – сила трения качения, возникающая при перекатывании катков по боковой поверхности, кН;
 $v_{\text{к}}$ – окружная скорость катка, м/с;
 $i_{\text{к}}$ – количество катков (принимается 2 или 3).

Находим силу трения качения:

$$F_{\text{тр.кач}} = \frac{f_{\text{тр.кач}} \cdot F_{\text{цб}}}{R_{\text{к}}}, \text{ кН},$$

где $f_{\text{тр.кач}}$ – коэффициент трения качения (коэффициент трения качения стали по формовочной смеси составляет 0,028);
 $R_{\text{к}}$ – радиус катка, м.
 $F_{\text{цб}}$ – центробежная сила, прижимающая катки к смеси, кН.
 Рассчитываем центробежную силу:

$$F_{\text{цб}} = m_{\text{к}} \cdot \omega_{\text{п}}^2 \cdot R, \text{ кН},$$

где $m_{\text{к}}$ – масса катка, т (устанавливается по чертежу катка);
 R – радиус окружности контакта катков со смесью; $R = D_{\text{к}} + \frac{a}{2}$, м.

Окружную скорость катка определяем по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D_{\text{к}} \cdot n_{\text{к}}}{60}, \text{ м/с},$$

где $D_{\text{к}}$ – диаметр катка, м.

Находим мощность двигателя:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{пл}} + N_{\text{к}}}{\eta}, \text{ кВт},$$

где η – КПД привода машины, учитывающий также потери мощности на трение ротора о смесь (принимается равным 0,8–0,9).

14. Пример расчета лопастного смесителя непрерывного действия

Задание. Определите основные конструктивные параметры смесителя (рис. 13) и необходимую для его работы мощность электродвигателя привода.

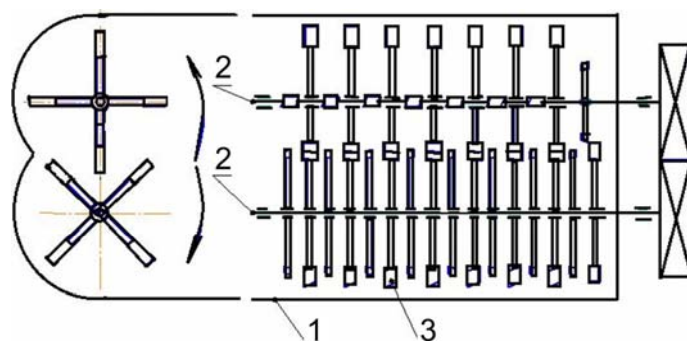


Рис. 13. Схема лопастного смесителя:

1 – корпус; 2 – валы; 3 – лопасти

Исходные данные. Производительность Π , м³/ч; прочность смеси во влажном состоянии σ , МПа; технологически необходимое время перемешивания $\tau_{\text{пер}}$, мин.

Порядок расчета:

1. Определяем емкость одного замеса.

Для смесителя периодического действия

$$V_{\text{см}} = \frac{\Pi}{z_{\text{зам}}}, \text{ м}^3,$$

где $z_{\text{зам}}$ – число замесов, производимых смесителем в час.

Число замесов может быть найдено из выражения

$$z_{\text{зам}} = \frac{60}{t_{\text{общ}}},$$

где $t_{\text{общ}}$ – время цикла, включающее время загрузки, перемешивания и выгрузки; $t_{\text{общ}} = t_{\text{загр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{выгр}}$, мин.

Для смесителя непрерывного действия

$$V_{\text{см}} = \Pi \cdot t_{\text{пер}}, \text{ м}^3,$$

где $t_{\text{пер}}$ – время перемешивания смеси, ч.

2. Определяем размеры корпуса смесителя.

Радиус корпуса смесителя можно рассчитать по формуле

$$R = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{см}}}{\cos \varphi \cdot \psi \cdot 2 \cdot i_{\text{л}}}}, \text{ м},$$

где $\varphi = 45^\circ$ – угол наклона лопастей к горизонту;

$\psi = 0,8-1,0$ – коэффициент наполнения корпуса смесителя;

$i_{\text{л}}$ – число парных лопаток на одном валу (для смесителей периодического действия – 14–20, для смесителей непрерывного действия – 18–32).

Ширина корпуса смесителя $B = 2R \cdot (\cos \varphi + 1)$, м.

Рабочая длина корпуса $L = (0,12 \div 0,14) \cdot i_{\text{л}} \cdot B$, м.

Высота корпуса $H = (2,0 \div 2,2)R$, м (для смесителей периодического и непрерывного действия).

3. Число оборотов валов смесителя рассчитываем по эмпирической формуле

$$n_{\text{в}} = \left(\frac{96}{G_{\text{см}}} + 52 \right), \text{ мин}^{-1},$$

где $G_{\text{см}}$ – весовая емкость смесителя, кг.

Весовую емкость смесителя находим по формуле

$$G_{\text{см}} = 10 \cdot V_{\text{см}} \cdot \delta_0, \text{ кг},$$

где $\delta_0 = 1,2 \div 1,4$ – объемная масса смеси, т/м³.

4. Проводим расчет передаточного отношения редуктора:

$$i_{\text{ред}} = \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{дв}}},$$

где $n_{\text{в}}$ – число оборотов двигателя, мин⁻¹ (принимают равным 750, 1000, 1500, 3000 мин⁻¹).

5. Определяем мощность двигателя смесителя:

$$N_{\text{дв}} = \frac{K_y \cdot 2K \cdot \omega^2 \cdot G_{\text{см}} \cdot i_{\text{л}} \cdot \gamma}{\eta}, \text{ кВт},$$

где $K_y = 1,1-1,2$ – коэффициент установочной мощности;

K – расчетный параметр, зависящий от свойств смеси; $K = 0,7 + 30\sigma$, с/м^3 ;

ω – угловая скорость вращения валов; $\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{в}}}{30}$, с^{-1} ;

$G_{\text{см}}$ – вес одного замеса, кН;

η – КПД привода ($0,7 \div 0,9$);

γ – геометрический параметр лопаток (рис. 14).

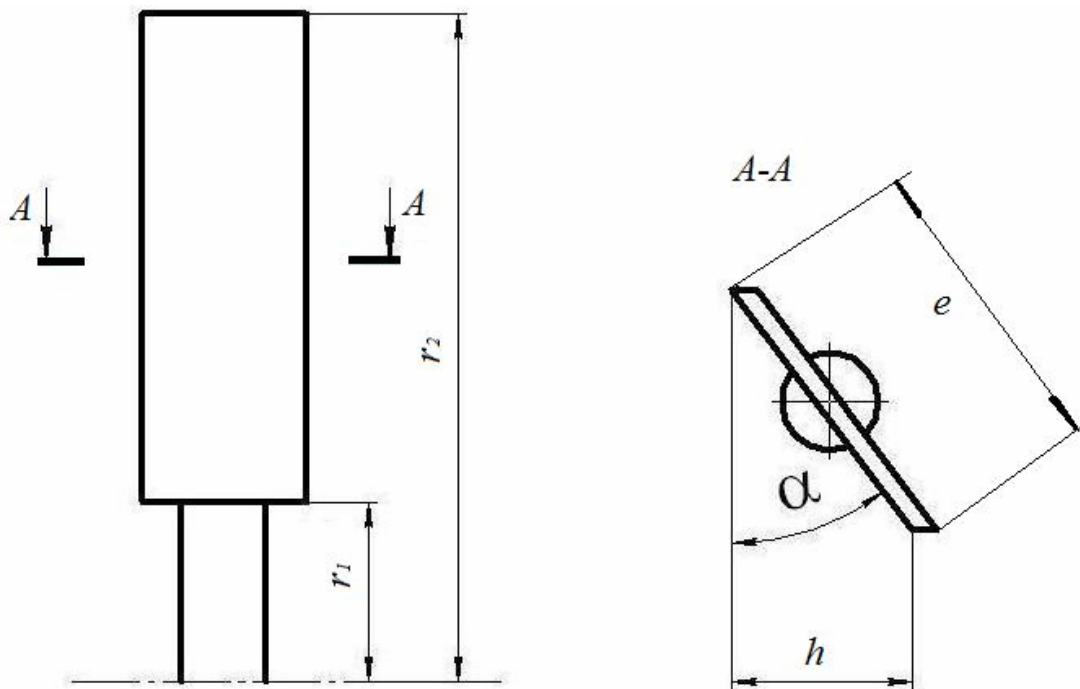


Рис. 14. Схема к расчету геометрического параметра лопаток

Рассчитываем геометрический параметр лопаток:

$$\gamma = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (r_2^3 - r_1^3), \text{ м}^4,$$

где h – ширина горизонтальной проекции лопатки; $h = e \cdot \cos \alpha$, м;

e – ширина лопатки ($0,1 \div 0,3$ м);

$r_2 \approx R$, м; $r_1 \approx 0,5R$, м.

По расчетным значениям $N_{\text{дв}}$ подбираются типоразмер и мощность двигателя (табл. 3).

Таблица 3

Типоразмеры и мощности электродвигателей

Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт
4AA50A4Y3	0,06	4A80A4Y3	1,1	4A160S4Y3	15	4A250M4Y3	90
4AA50B4Y3	0,09	4A80B4Y3	1,5	4A160M4Y3	18,5	4A280S4Y3	110
4AA56A4Y3	0,12	4A90L4Y3	2,2	4A180S4Y3	22	4A280M4Y3	132
4AA56B4Y3	0,18	4A100S4Y3	3,0	4A180M4Y3	30	4A315S4Y3	160
4AA63A4Y3	0,25	4A100S4Y3	4,0	4A200M4Y3	37	4A315M4Y3	200
4AA63B4Y3	0,37	4A112M4Y3	5,5	4A200L4Y3	45	4A355S4Y3	250
4AA71A4Y3	0,55	4A132S4Y3	7,5	4A255M4Y3	55	4A225M4Y3	315
4AA71B4Y3	0,75	4A132M4Y3	11,0	4A250S4Y3	75	—	—

6. Проводим силовой расчет смесителя.

Определяем крутящий момент на каждом валу:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega}, \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Рассчитываем окружное усилие, или силу, изгибающую вал:

$$P = \frac{M_{\text{кр}}}{r_2}, \text{ кН}.$$

Находим наибольший изгибающий момент, действующий на вал:

$$M_{\text{изг}} = \frac{P \cdot L}{4}, \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Определяем расчетный момент:

$$M_{\text{расч}}^{\text{IV}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + 0,75 \cdot M_{\text{кр}}^2}, \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Диаметр валов смесителя составляет

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{расч}}}{0,1[\sigma_{\text{изг}}]}}, \text{ м},$$

где $[\sigma_{\text{изг}}]$ – допускаемое напряжение на изгиб, кПа (для углеродистых сталей $[\sigma_{\text{изг}}] = 15 \cdot 10^4 \div 27 \cdot 10^4$ кПа).

15. Пример расчета пневмотранспортной установки

Задание. Определите диаметр трубопровода, основные параметры вентилятора (производительность, требуемый напор, расход мощности) пневмотранспортной установки всасывающего типа.

Исходные данные. Установка предназначена для перемещения $Q_m = 8$ т сухого песка в час ($d_{\text{п}} = 0,002$ м) по трассе, имеющей протяженность горизонтального участка $L_{\text{гор}} = 30$ м, вертикального $L_{\text{верт}} = 10$ м и общее количество поворотов ($\alpha = 90^\circ$) $n = 3$ (см. рис. 1.83, 1.84).

Порядок расчета:

1. Выбираем весовую концентрацию аэросмеси μ . Для транспортирования песка она обычно находится в пределах 1,7–3,0. Принимаем $\mu = 2,66$.

2. Определяем весовой расход воздуха:

$$Q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{м}}}{\mu}, \text{ кг/ч,}$$

где $Q_{\text{м}}$ – производительность установки по материалу, кг/ч.

$$Q_{\text{в}} = \frac{8000}{2,66} = 3007 \text{ кг/ч.}$$

3. Находим объемный расход воздуха:

$$V_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}}},$$

где $\gamma_{\text{в}}$ – удельный вес воздуха, кг/м³.

$$V_{\text{в}} = \frac{3000}{1,2} = 2500 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

4. Рассчитываем скорость витания частиц материала (песка):

$$v_{\text{вит}} = c \sqrt{\frac{\gamma_{\text{м}} \cdot d_{\text{п}}}{\gamma_{\text{в}}}}, \text{ м/с,}$$

где c – коэффициент, учитывающий форму и состояние поверхности частиц песка (для песка $c = 5 \dots 8$);

$\gamma_{\text{м}}$ – удельный вес частиц песка, кг/м³.

$$\text{Получаем } v_{\text{вит}} = 5,7 \sqrt{\frac{2700 \cdot 0,002}{1,2}} \approx 12 \text{ м/с.}$$

5. Находим рабочую скорость воздуха:

$$v_B = (1,1 \div 2,0) \cdot v_{\text{внт.}}$$

Принимаем $v_B = 1,88 \cdot 12 \approx 22,5$ м/с.

6. Диаметр материального трубопровода определяем из равенства расходов

$$\frac{V_B}{3600} = \frac{\pi \cdot d_{\text{тр}}^2 \cdot v_B}{4}.$$

Отсюда

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4V_B}{\pi \cdot 3600 \cdot v_B}},$$
$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2500}{3,14 \cdot 3600 \cdot 22,5}} \approx 0,2 \text{ м.}$$

7. Необходимый напор, создаваемый вентилятором, рассчитываем как сумму сопротивлений – потерь при перемещении аэросмеси в трубопроводе.

1) Потери в загрузочном устройстве:

$$h_{\text{загр}} = \frac{\xi_1 \cdot \gamma_B \cdot v_B^2}{2g},$$

где ξ_1 – коэффициент местного сопротивления в загрузочном устройстве (для песка принимается равным 1,4...1,6);
 g – ускорение силы тяжести, м/с².

$$\text{Тогда } h_{\text{загр}} = \frac{1,5 \cdot 1,2 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} = 46,5 \text{ кг/м}^2.$$

2) Потери на горизонтальном участке трубопровода:

$$h_{\text{гор}} = \left(\frac{\lambda \cdot L_{\text{гор}}}{d_{\text{тр}}} \right) \cdot \left(\frac{\gamma_B \cdot v_B^2}{2g} \right) \cdot (1 + k_{\text{гор}} \cdot \mu),$$

где $k_{\text{гор}}$ – опытные постоянные коэффициенты, различные для разных материалов;

μ – коэффициент концентрации аэросмеси;

$$L_{\text{гор}} = L_{\text{гор}}^{\text{I}} + L_{\text{гор}}^{\text{II}} + L_{\text{гор}}^{\text{III}} + L_{\text{гор}}^{\text{IV}}.$$

$$\text{Тогда } h_{\text{гор}} = \left(\frac{0,02 \cdot 30}{0,2} \right) \cdot \left(\frac{1,2 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} \right) \cdot (1 + 1,15 \cdot 2,66) = 377 \text{ кг/м}^2.$$

3) Потери на вертикальном участке трубопровода:

$$h_{\text{верт}} = \left(\frac{\lambda \cdot L_{\text{верт}}}{d_{\text{тр}}} \right) \cdot \left(\frac{\gamma_{\text{в}} \cdot v_{\text{в}}^2}{2g} \right) \cdot (1 + k_{\text{верт}} \cdot \mu),$$

где $k_{\text{верт}}$ – опытные постоянные коэффициенты, различные для разных материалов;

$$L_{\text{верт}} = L_{\text{верт}}^{\text{I}} + L_{\text{верт}}^{\text{II}}.$$

$$\text{Тогда } h_{\text{верт}} = \left(\frac{0,02 \cdot 10}{0,2} \right) \cdot \left(\frac{1,2 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} \right) \cdot (1 + 1,25 \cdot 2,66) = 134 \text{ кг/м}^2.$$

4) Потери на закруглениях трассы:

$$h_{\text{закр}} = 0,76(1 + 0,64\mu) \cdot \left(\frac{\gamma_{\text{в}} \cdot v_{\text{в}}^2}{2g} \right) \cdot n;$$

$$h_{\text{закр}} = 0,76(1 + 0,64 \cdot 2,66) \cdot \left(\frac{1,2 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} \right) \cdot 3 = 190 \text{ кг/м}^2.$$

5) Потери на преодоление местных сопротивлений (в циклоне):

$$h_{\text{цикл}} = \frac{\xi_{\text{с2}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot v_{\text{в}}^2}{2g},$$

где $\xi_{\text{с2}}$ – коэффициент местного сопротивления.

$$\text{Тогда } h_{\text{цикл}} = \frac{2,5 \cdot 1,2 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} = 77 \text{ кг/м}^2.$$

6) Потери в фильтре: $h_{\text{ф}} = 60 \text{ кг/м}^2$.

Суммарное сопротивление всей сети составляет

$$\sum h = h_{\text{закр}} + h_{\text{гор}} + h_{\text{верт}} + h_{\text{закр}} + h_{\text{цикл}} + h_{\text{ф}},$$

$$\sum h = 46,5 + 377 + 134 + 190 + 77 + 60 = 884,5 \text{ кг/м}^2.$$

С учетом некоторого запаса принимаем $H = 1000 \text{ кг/м}^2$.

8. Рассчитываем мощность на валу вентилятора:

$$N = \frac{V_{\text{в}} \cdot H}{102 \cdot 3600 \cdot \eta},$$

$$N = \frac{2500 \cdot 1000}{102 \cdot 3600 \cdot 0,8} = 8,4 \text{ кВт}.$$

16. Пример расчета пневматической прессовой формовочной машины

Задание. Определите основные конструктивные параметры пневматической прессовой машины (рис. 15) и расхода воздуха для уплотнения одной полуформы.

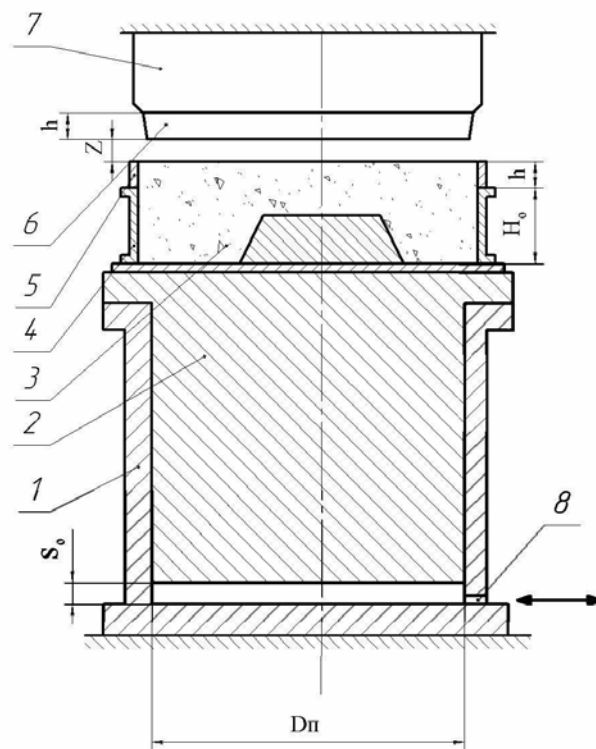


Рис. 15. Схема прессового механизма:

1 – прессовый цилиндр; 2 – прессовый поршень; 3 – модель; 4 – опока;
5 – наполнительная рамка; 6 – прессовая колодка; 7 – траверс; 8 – отверстие для
впуска воздуха в прессовый цилиндр

Исходные данные. Габариты опоки в свету $F_0 = B_0 \cdot A_0 = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ м}^2$; высота опоки $H_0 = 0,15 \text{ м} = 15 \text{ см}$; технологически необходимая степень уплотнения смеси $\delta = 1,66 \text{ г/см}^3$; начальная плотность смеси $\delta_0 = 1,2 \text{ г/см}^3$; давление воздуха в магистральной сети $P_0 = 6,0 \text{ кг/см}^2 \text{ (МПа)}$.

Порядок расчета:

1. Определяем полезную нагрузку на машину Q_1 (при нижнем расположении прессующего поршня):

$$Q_1 = G_1 + G_2 + G_3, \text{ кН},$$

где G_1 – вес опоки, кН (выбирается по ГОСТ 15492–91, 2133–75, 15502–91, 14976–69, 17127–71, 17130–71 в зависимости от материала (сталь,

алюминий, чугун, магниевый сплав) и размеров опоки). Значения масс для различных опок приведены в табл. 10 прил. 2;

G_2 – вес формовочной смеси, кН;

G_3 – вес модели и модельной плиты, кН.

Точный вес формовочной смеси и модели можно определить после разработки технологии изготовления отливки (формы), так как номенклатура отливок меняется. В приближенных расчетах можно принять, что объем уплотненной формовочной смеси составляет 75 % объема опоки. Тогда

$$G_2 = 0,75 \cdot A_o \cdot B_o \cdot H_o \cdot \delta \cdot g, \text{ кН},$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Вес модели и модельной плиты рассчитывается по формуле

$$G_3 = 0,25 \cdot A_o \cdot B_o \cdot H_o \cdot \gamma_{\text{мод}} + G_{\text{пл}}, \text{ кН},$$

где $\gamma_{\text{мод}}$ – удельный вес материала модели, кН/м^3 (сталь – 78, чугун – 70, алюминиевый сплав – 27 кН/м^3);

$G_{\text{пл}}$ – вес модельной плиты, кН.

Вес модельной плиты устанавливается по табл. 11 прил. 2 в зависимости от параметров опоки (A_o , B_o) и материала плиты (сталь, чугун).

2. Определяем вес подвижных частей машины (поршень, стол) по формуле

$$Q_2 = 1,25 \cdot Q_1, \text{ кН}.$$

3. Устанавливаем общую грузоподъемность машины:

$$Q = Q_1 + Q_2, \text{ кН}.$$

4. Находим силу трения, возникающую при перемещении прессового поршня:

$$R = 0,25 \cdot Q, \text{ кН}.$$

5. Рассчитываем требуемое давление прессования:

$$p_{\text{пр}} = 100 \cdot \left(\frac{\delta - 1}{c} \right)^4, \text{ кПа},$$

где $c = 0,4-0,6$ – коэффициент уплотняемости смеси при прессовании.

Значения коэффициента уплотняемости связаны с высотой опоки следующим выражением:

$$c \cdot H_o^{0,19} = 0,92,$$

где H_o – высота опоки в сантиметрах, что позволяет установить значения c для стандартных высот опоки:

H_o , мм	75	100	125	150	200	250	300	350	400
c	0,63	0,59	0,57	0,55	0,52	0,50	0,48	0,47	0,46

6. Определяем площадь и диаметр прессового поршня из условия

$$p_0 \cdot F_{\text{п}} \geq p_{\text{пр}} \cdot F_o + Q + R,$$

где $F_{\text{п}}$ – площадь встряхивающего поршня, м^2 ;

$p_0 \cdot F_{\text{п}}$ – усилие прессования, кН;

F_o – площадь опоки, м^2 .

Отсюда

$$F_{\text{п}} = \frac{p_{\text{пр}} \cdot F_o + Q + R}{p_0}, \text{ м.}$$

Необходимые данные для определения диаметра прессового поршня можно получить и иным путем. Усилие $R + Q$, затрачиваемое на преодоление веса поднимаемых частей и трения, обычно составляет не более 0,1–0,15 от силы прессования $p_{\text{пр}} \cdot F_o$. Вес поднимаемых частей с нагрузкой в машинах с верхним прессованием и расположением прессового механизма внизу составляет, по эмпирическим данным, $Q = (13 \div 22) \cdot F_o$, кН, где F_o – площадь опоки, м^2 . Отношение $F_o/F_{\text{п}}$ для тех же машин чаще всего находится в пределах 1,8–2,2. Избыточное давление воздуха в сети может колебаться в широких пределах (от 450 до 700 кПа). Поэтому при расчетах частей машины на прочность надо принимать большее значение p_0 (700 кПа), а при расчете площади поршня – меньшее значение p_0 (450 кПа) или близкое к нему, во всяком случае не более 500 кПа [13].

7. Рассчитываем высоту наполнительной рамки, исходя из условия, что масса смеси в опоке до и после прессования одинакова:

$$[F_o \cdot (H_o + h) - V_{\text{м}}] \cdot \delta_0 = (F_o \cdot H_o - V_{\text{м}}) \cdot \delta;$$

$$h = \left(H_o - \frac{V_{\text{м}}}{F_o} \right) \cdot \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right), \text{ м.}$$

При использовании профильной колодки (рис. 16) для уменьшения разности в степени уплотнения формовочной смеси над моделью и вокруг нее устанавливаются:

1) высота уступа: $x = H_m \cdot \left(1 - \frac{\delta_0}{\delta}\right)$, м;

2) высота наполнительной рамки: $h = (H_o - H_m) \cdot \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1\right)$, м.

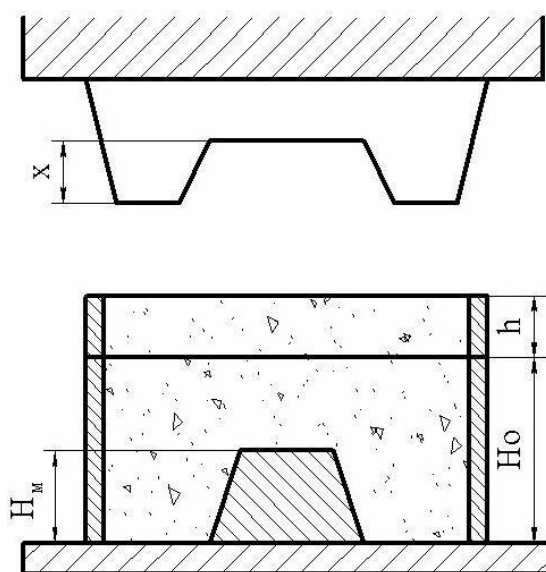
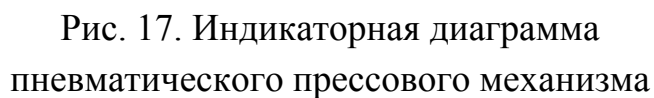


Рис. 16. Схема уплотнения формы профильной прессовой колодкой

Дальнейшие расчеты приводятся для условия применения плоской прессующей колодки.

8. Строим индикаторную диаграмму пневматического прессового цилиндра (рис. 17).

На индикаторной диаграмме отображены процессы, которые протекают в прессовом цилиндре машины. Она строится в координатах $p - S$, где S – ход прессового поршня. По площади и форме индикаторной диаграммы можно судить о величине полезно затраченной работы, а также определить характер неисправностей в машине. Для обычного прессового механизма с верхним прессованием, неподвижной плоской прессовой колодкой и перемещающимся вверх прессовым поршнем с полезной нагрузкой координаты точек индикаторной диаграммы определяют следующим образом.


$$p_1 = \frac{Q + R}{F_{\Pi}}, \text{ кПа.}$$
$$S_1 = \frac{V_0}{F_{\Pi}} = S_0,$$

Точка 2 соответствует такой высоте подъема поршня, при которой выбирается зазор Z между наполнительной рамкой и прессовой колодкой.

Так как допускается, что дополнительные сопротивления, препятствующие движению поршня вверх, не возникают, давление воздуха в цилиндре остается неизменным:

$$p_2 = p_1.$$

Ордината точки 2 (положение поршня перед внедрением прессовой колодки в формовочную смесь)

$$S_2 = S_0 + Z.$$

Z принимается равным 0,02 м.

Точка 2а соответствует началу внедрения прессовой колодки в объем наполнительной рамки. Давление под прессовым поршнем растет в меру роста сопротивления формы уплотнению. Так как начальная плотность смеси обычно превышает 1 т/м³ ($\delta_0 = 1,2-1,4$ т/м³), давление под поршнем в момент начала внедрения колодки в объем наполнительной рамки будет нарастать скачкообразно. Величина скачка пропорциональна разности $\delta_0 - 1$. Из выражений

$$p_{2a} \cdot F_o = p \cdot F_o + Q + R, \quad p = \left(\frac{\delta_0 - 1}{c} \right)_{\text{атм}}^4 = \left(\frac{\delta_0 - 1}{c} \right)^4 \cdot 100$$

получаем

$$p_{2a} = \frac{Q + R}{F_{\Pi}} + \left(\frac{\delta_0 - 1}{c} \right)^4 \cdot 100 \cdot \frac{F_o}{F_{\Pi}} = p_2 + \left(\frac{\delta_0 - 1}{c} \right)^4 \cdot 100 \cdot \frac{F_o}{F_{\Pi}}, \text{ кПа.}$$

$$S_{2a} = S_2, \text{ м.}$$

Точка 3 соответствует концу процесса прессования, когда прессовая колодка выдавила в опоку весь объем формовочной смеси, находившийся в наполнительной рамке. При этом плотность смеси в опоке достигает предельной величины и давление воздуха на прессовый поршень составляет

$$p_3 = p_2 + \left(\frac{\delta - 1}{c} \right)^4 \cdot 100 \cdot \frac{F_o}{F_{\Pi}}, \text{ кПа.}$$

Ордината точки 3 (положение поршня в конце прессования)

$$S_3 = S_0 + Z + h, \text{ м.}$$

Промежуточные точки n_1 и n_2 определяют характер кривой линии на участке 2а – 3, соответствующем изменению давления воздуха при его

движении вверх. Плотность смеси в промежуточных точках n_1 и n_2 по выбранным значениям h_1 и h_2 находится с помощью выражения для определенной высоты наполнительной рамки (при плоской колодке):

$$\delta_{n_1} = \delta_0 \cdot \left(\frac{h_1}{H_0 - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right), \text{ т/м}^3;$$

$$\delta_{n_2} = \delta_0 \cdot \left(\frac{h_2}{H_0 - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right), \text{ т/м}^3.$$

Зная δ_{n_1} и δ_{n_2} , можно найти давление на смесь в точках n_1 и n_2 по уравнению прессования:

$$p_{\text{пр } n_1} = \left(\frac{\delta_{n_1} - 1}{c} \right)^4 \cdot 100, \text{ кПа};$$

$$p_{\text{пр } n_2} = \left(\frac{\delta_{n_2} - 1}{c} \right)^4 \cdot 100, \text{ кПа}.$$

Давление воздуха в прессовом цилиндре составит

$$p_{n_1} = \left(\frac{\delta_{n_1} - 1}{c} \right)^4 \cdot 100 \cdot \frac{F_0}{F_{\Pi}}, \text{ кПа};$$

$$p_{n_2} = \left(\frac{\delta_{n_2} - 1}{c} \right)^4 \cdot 100 \cdot \frac{F_0}{F_{\Pi}}, \text{ кПа}.$$

Ординаты точек n_1 и n_2 будут равны

$$S_{n_1} = S_0 + Z + h_1, \text{ м};$$

$$S_{n_2} = S_0 + Z + h_2, \text{ м}.$$

Чем большее число промежуточных точек рассчитывается на участке кривой 2а – 3, тем точнее определяется ее форма. В точке 3 открывается выхлопной клапан, и давление сжатого воздуха в прессовом цилиндре начинает снижаться.

Точка 4 соответствует моменту окончания выпуска воздуха из цилиндра и началу опускания поршня. Движущей силой при опускании поршня будет вес подвижных частей машины и полезной нагрузки, силой сопротивления движению – трение поршня о стенки цилиндра, других подвижных частей о свои направляющие:

$$p_4 = \frac{Q - R}{F_{\pi}}, \text{ кПа};$$

$$S_4 = S_3.$$

Точка 5 соответствует концу опускания поршня в исходное положение, при этом

$$p_5 = p_4; S_5 = S_1.$$

На участке 5–1 цилиндр наполняется воздухом.

9. Проводим анализ индикаторной диаграммы. Удельная работа прессования, кДж/м², выражается на диаграмме площадями

$$F_{\text{прав}} = (2 - 2a - 3 - 3a - 2), \text{ кДж/м}^2;$$

$$F_{\text{лев}} = (1 - 3a - 4 - 5 - 1), \text{ кДж/м}^2.$$

$$F_{\text{лев}} = \left(\frac{Q + R}{F_{\pi}} - \frac{Q - R}{F_{\pi}} \right) \cdot (h + Z) = \frac{2R \cdot (h + Z)}{F_{\pi}}, \text{ кДж/м}^2.$$

Площадь $F_{\text{прав}}$ может быть определена путем деления ее на простые геометрические фигуры или с использованием специальных компьютерных программ.

По отношению работы, затраченной на чистое прессование, к общей работе сжатого воздуха можно судить о совершенстве конструкции поршневого механизма. Считается, что качественный прессовый механизм характеризуется выполнением следующего неравенства:

$$\frac{F_{\text{прав}}}{F_{\text{прав}} + F_{\text{лев}}} \geq 0,7.$$

10. Определяем расход свободного воздуха на одно прессование. С некоторым допущением его можно найти, если из объема воздуха в точке 3, пересчитанного на атмосферное давление, вычесть количество возду-

ха, оставшееся во вредном пространстве после выхлопа, также в пересчете на атмосферное давление (точка 5):

$$p_3 \cdot V_3 = V_{3 \text{ атм}} \cdot p_{\text{атм}}; \quad V_{3 \text{ атм}} = \frac{V_3 \cdot p_3}{p_{\text{атм}}}; \quad p_5 \cdot V_5 = V_{5 \text{ атм}} \cdot p_{\text{атм}}; \quad V_{5 \text{ атм}} = \frac{V_5 \cdot p_5}{p_{\text{атм}}};$$

$$V_{3 \text{ атм}} = \frac{F_{\text{п}} \cdot (S + S_0) \cdot p_3}{100}; \quad V_{5 \text{ атм}} = \frac{F_{\text{п}} \cdot S_0 \cdot p_5}{100}.$$

Отсюда

$$V_{\text{в}}^1 = F_{\text{п}} \cdot (S + S_0) \cdot \frac{p_3}{100} - F_{\text{п}} \cdot S_0 \cdot \frac{p_5}{100}, \text{ м}^3.$$

11. Рассчитываем площадь сечения и диаметр впускного отверстия цилиндра.

Площадь сечения впускного отверстия определяется из уравнения

$$f_{\text{вп}} \cdot v_{\text{в}} = F_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}},$$

откуда

$$f_{\text{вп}} = F_{\text{п}} \cdot \frac{v_{\text{п}}}{v_{\text{в}}}, \text{ м}^2,$$

где $v_{\text{в}}$ – скорость воздуха в сети; $v_{\text{в}} = 15 \div 25 \text{ м/с}$;

$v_{\text{п}}$ – скорость подъема поршня; $v_{\text{п}} = 0,015 \div 0,020 \text{ м/с}$.

Диаметр впускного отверстия вычисляется из уравнения

$$d_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вп}} \cdot 10^6}{\pi}}, \text{ м}^2.$$

Площадь сечения впускного отверстия можно также рассчитать по другой формуле:

$$f_{\text{вп}} = \frac{V_{\text{в}}^1}{\tau_{\text{вп}} \cdot v_{\text{в}}}, \text{ м}^2,$$

где $\tau_{\text{вп}}$ – время впуска воздуха в цилиндр (согласно практическим данным, $\tau_{\text{вп}} = 3 \div 4 \text{ с}$).

Так как впуск сжатого воздуха из прессового цилиндра чаще всего осуществляется через впускной канал, принимается

$$f_{\text{вп}} = f_{\text{вып}}.$$

12. С учетом трения формовочной смеси о стенки опоки и модели рассчитываем силу прессования, обеспечивающую необходимую плотность формовочной смеси в самых проблемных местах, прежде всего в объемах вокруг модели (зона III на рис. 18).

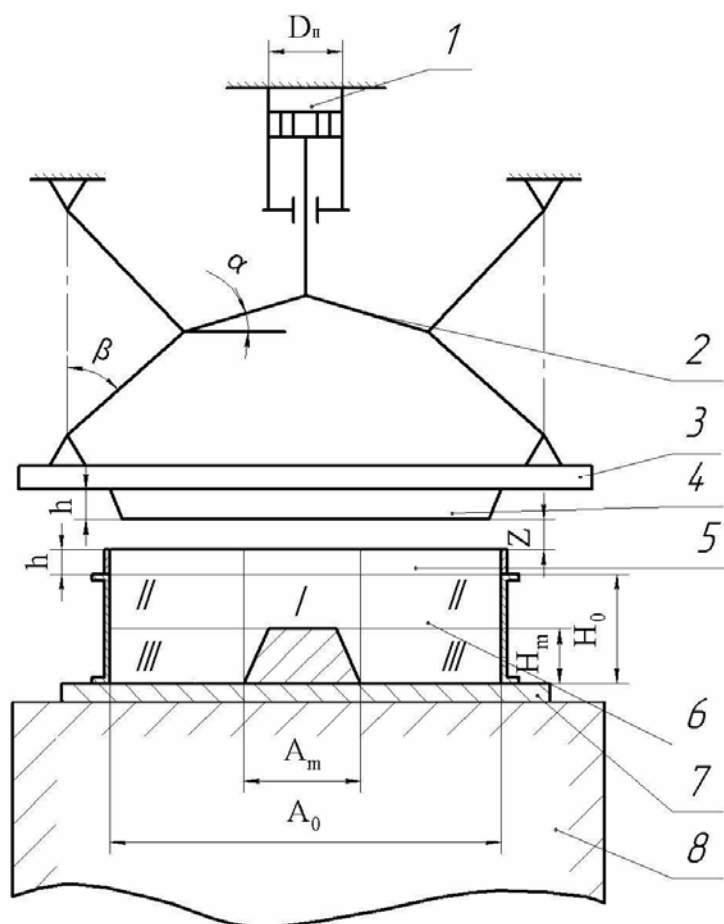


Рис. 18. Схема рычажно-прессового механизма:

1 – пневматический цилиндр; 2 – рычажный механизм; 3 – прессовая плита;
4 – прессовая колодка; 5 – наполнительная рамка; 6 – опока; 7 – подмодельная плита
с моделью; 8 – стол машины

Для этого вначале задаемся технологически необходимым напряжением в самом слабом месте формы на уровне модельной плиты:

$$\sigma_4 = \left(\frac{\delta - 1}{c} \right)^4 \cdot 100, \text{ кПа},$$

где σ_4 – напряжение смеси в нижних слоях формы (нижняя часть зоны III).

13. Напряжение смеси в верхней части объема III рассчитываем по формуле

$$\sigma_3 = \sigma_4 \cdot e^{\frac{H_m \cdot \xi \cdot f \cdot U}{F_{cm}}}, \text{ кПа},$$

где H_m – высота модели, м;

ξ – коэффициент бокового давления; $\xi = 0,3-0,5$;

f – коэффициент внешнего трения; $f = 1 - 0,19\delta$;

U – периметр трения рассматриваемого слоя смеси, м; $U = 2(A_0 + B_0 + A_m + B_m)$.

Параметры модели (высота H_m , длина A_m и ширина B_m) устанавливаем, исходя из выбранного объема модели.

14. Напряжение смеси в объеме II находим, пользуясь уравнением состояния предельного равновесия:

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_3 + 2K \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}{\left(\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)\right)^2}, \text{ кПа},$$

где K – сила сцепления частиц формовочной смеси, приходящаяся на единицу площади; $K = 10 \div 20$ кПа;

φ – угол внутреннего трения ($\varphi \approx 30^\circ$).

15. Определяем напряжение смеси в объеме I:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_3 + 2K \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \left[\left(\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)\right)^2 + 1\right]}{\left(\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)\right)^4}, \text{ кПа}.$$

16. Рассчитываем необходимое уточненное прессовое усилие:

$$P_{\text{пр}}^{\text{ут}} = \sigma_1 \cdot F_m + \sigma_3 \cdot F_{cm} + \sigma_2 \cdot f \cdot 2(A_0 + B_0) \cdot (H_0 - H_m), \text{ кН}.$$

17. Находим уточненный диаметр прессующего поршня:

$$D_{\text{п}}^{\text{ут}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{пр}}^{\text{ут}}}{\pi \cdot p_0}}, \text{ м}.$$

18. Для уменьшения диаметра прессующего поршня используем рычажную систему (см. рис. 18). Тогда требуемое усилие прессующего поршня определяется уравнением

$$P_{\text{пр}}^{\text{рыч}} = \frac{P_{\text{пр}}^{\text{ут}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos(90 - \alpha - \beta)}{\cos \beta}, \text{ кН.}$$

Углы α и β можно принять равными 10° и 5° соответственно.

В этом случае диаметр поршня рычажно-прессового механизма определяется выражением

$$D_{\text{п}}^{\text{рыч}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{пр}}^{\text{рыч}}}{\pi \cdot p_0}}, \text{ м.}$$

19. Находим требуемое давление прессования для обеспечения заданной плотности формовочной смеси δ в нижней зоне формы над модельной плитой:

$$p' = \frac{P_{\text{пр}}^{\text{ут}}}{F_0}, \text{ кПа.}$$

20. Рассчитываем плотность смеси δ' , соответствующую давлению p' :

$$\delta' = 1 + c(p')^{0,25}, \text{ т/м}^3,$$

где p' – давление, ат.

21. Устанавливаем новую высоту наполнительной рамки, обеспечивающую расчетный параметр δ'' :

$$h' = \left(H_0 - \frac{V_{\text{м}}}{F_0} \right) \cdot \left(\frac{\delta'}{\delta_0} - 1 \right), \text{ м.}$$

22. Рассчитываем длину рычагов для хода подпрессовки α и с учетом заданных значений α и β делаем вывод о возможности применения полученных параметров в конструкции рычажно-прессовой формовочной машины. Если предполагаются технические сложности в реализации результатов расчетов рычажно-прессового механизма, то следует вернуться к п. 12 и изменить начальные условия (значения δ).

23. Строим и анализируем индикаторную диаграмму в координатах $S - p_{\text{пр}}$ (с верхним расположением прессующего поршня).

17. Пример расчета пневматической встряхивающей формовочной машины без отсечки

Задание. Определите основные конструктивные параметры машины (рис. 19), расход воздуха на один удар и производительность одного кубического метра воздуха.

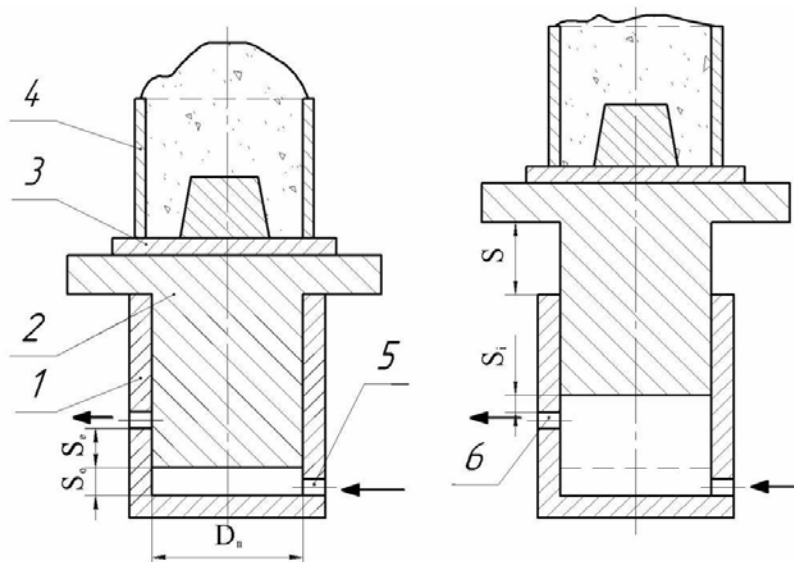


Рис. 19. Схема встряхивающего механизма без отсечки подачи воздуха:

1 – встряхивающий цилиндр; 2 – встряхивающий поршень; 3 – подмодельная плита с моделью; 4 – опка; 5 – впускное отверстие; 6 – выпускное отверстие

Исходные данные. Размеры опки в свету $B_o \times A_o$, м; высота опки H_o , м; давление сжатого воздуха в магистральной сети p_0 , кПа.

Порядок расчета:

1. Определяем общую грузоподъемность машины и силу трения при перемещении поршня (см. пример 16, пп. 1–4).

2. Находим площадь поршня. Минимально необходимая площадь поршня, обеспечивающая за счет избыточного давления p_0 подъем движущих частей с общей грузоподъемностью Q и преодоление силы трения R , с учетом возможных потерь будет равна

$$F_{\pi}^{\min} = \alpha \cdot \frac{Q + R}{p_0}, \text{ м}^2,$$

где $\alpha = 1,05 \div 1,1$ – коэффициент, учитывающий возможные протечки сжатого воздуха [1].

При последующих ходах встряхивания избыточное давление под поршнем в начале его движения вверх может быть и несколько меньше

$p_0 = \frac{Q+R}{F_{\pi}^{\min}}$ вследствие подбрасывания поршня вверх не только давлением сжатого воздуха, но и силой упругого восстановления соударяющихся поверхностей машины.

Равным образом в начале хода может потребоваться давление, несколько большее, чем p_0 , вследствие инерции поднимаемых частей [13].

В большинстве встряхивающих формовочных машин после начала движения при нормальных условиях повышение давления колеблется в пределах 50–100 кПа. Поэтому расчет требуемой площади встряхивающего поршня производится из выражения

$$F_{\pi} \geq \alpha \cdot \frac{Q+R}{p_0 - 100}, \text{ м}^2.$$

По значению площади поршня определяется его минимальный диаметр:

$$D_{\pi}^{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\pi}}{p}}, \text{ м}.$$

3. Строим индикаторную диаграмму, где в определенном масштабе по оси ординат откладываем путь поршня S , м, а по оси абсцисс – давление воздуха под поршнем p , кПа (рис. 20) [1].

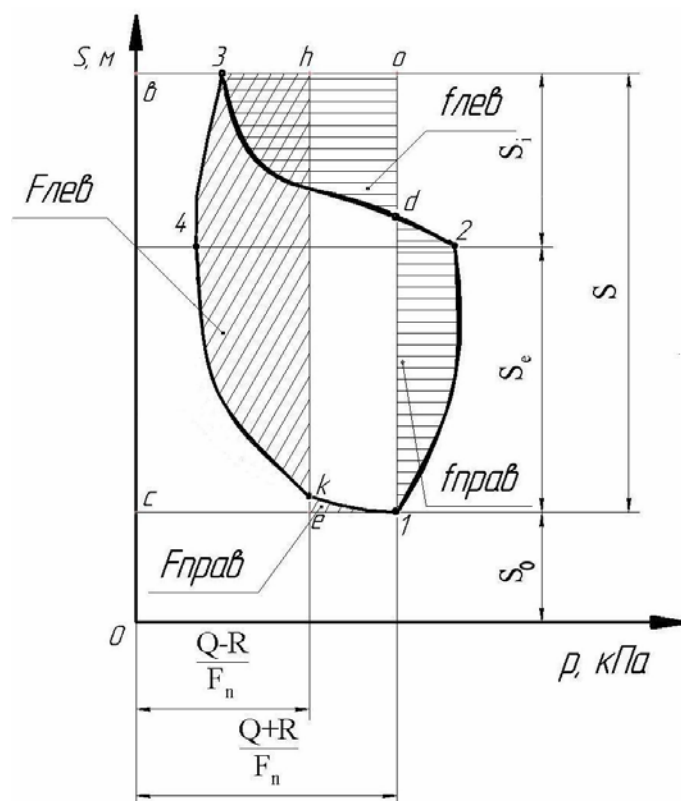


Рис. 20. Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма без отсечки подачи воздуха

Точка 1 соответствует началу движения поршня вверх. Давление воздуха под поршнем должно уравновесить сопротивление движению поршня:

$$P_1 \cdot F_{\pi} = Q + R,$$

откуда

$$P_1 = \frac{Q + R}{F_{\pi}}, \text{ кПа.}$$

Вторая координата точки 1 равняется высоте вредного пространства:

$$S_1 = S_0 = \frac{V_0}{F_{\pi}}, \text{ м,}$$

где V_0 – объем вредного пространства встряхивающего цилиндра, м^3 .

Для машин с поршневым воздухораспределением

$$S_0 = (0,75 \div 1,0) \cdot S, \text{ м,}$$

где $S = 0,06 \div 0,08$ м – высота встряхивания.

На пути от точки 1 до точки 2 происходит наполнение цилиндра воздухом; давление под поршнем повышается вследствие поступления сжатого воздуха из сети. В большинстве встряхивающих машин при нормальных условиях повышение давления $(p_2 - p_1)$ колеблется обычно в пределах 50–100 КПа, т. е.

$$P_2 = P_1 + (50 \div 100), \text{ кПа.}$$

Путь наполнения S_e от точки 1 до точки 2, согласно практическим данным, составляет $S_e = (0,4 \div 0,5) \cdot S$, м. Следовательно,

$$S_2 = S_0 + S_e = S_0 + (0,4 \div 0,5) \cdot S, \text{ м.}$$

Линия впуска 1–2 будет иметь вид параболы, так как в самом начале движения при малых скоростях поршня давление повышается в большей мере, чем при дальнейшем подъеме с возрастающей скоростью.

В точке 2 открывается выхлопное отверстие, воздух из полости цилиндра выходит в атмосферу, давление в цилиндре падает, несмотря на продолжающееся поступление воздуха, так как общее сечение выхлопных отверстий становится значительно (в 3–5 раз) больше сечения впускного отверстия.

До точки d диаграммы давление воздуха на поршень превышает силу сопротивления движению. От точки d до точки 3 поршень движется по инерции. Следовательно,

$$S_i = (0,6 \div 0,7) \cdot S_e, \text{ м.}$$

Точка 3 соответствует моменту, когда поршень, израсходовав кинетическую энергию, останавливается и начинает падать вниз. При ходе поршня вниз движущей силой является сила $Q - R$, а силой сопротивления – давление воздуха под поршнем. Поэтому

$$P_3 < \frac{Q - R}{F_{\pi}}, \text{ кПа.}$$

При достаточно большом сечении выхлопного отверстия избыточное давление в точке 3 чаще всего составляет 40–60 кПа. Следовательно,

$$P_3 = 40 \div 60, \text{ кПа;}$$

$$S_3 = S_0 + S_e + S_i, \text{ м.}$$

При ходе поршня вниз продолжается выхлоп и происходит дальнейшее падение давления в цилиндре.

Точка 4 соответствует моменту закрытия выхлопного отверстия. Избыточное давление в цилиндре в точке 4 в машинах без отсечки подачи воздуха большей частью лежит в пределах 20–50 кПа. Таким образом,

$$P_4 = 20 \div 50, \text{ кПа;}$$

$$S_4 = S_0 + S_e, \text{ м.}$$

На участке 4–1 также продолжают впуск воздуха (отсечка не предусмотрена) и сжатие его в цилиндре. В конечной точке 1 диаграммы осуществляются удар встряхивающего стола о фланец цилиндра и уплотнение формовочной смеси в опоке. Затем происходит очередной цикл подъема и удара поршня.

4. На основании анализа индикаторной диаграммы определяем энергию, сообщаемую поршню при падении встряхивающего стола и его подъеме.

Удельная энергия (работа, отнесенная к 1 м^2 площади поршня) удара стола машины после завершения движения поршня вниз составляет

$$e = \frac{Q - R}{F_{\pi}} \cdot S, \text{ кДж/м}^2.$$

Без учета давления сжатого воздуха она может быть выражена площадью $c-b-h-e-c$ на индикаторной диаграмме. Если из этой работы вычесть сопротивление сжатого воздуха под поршнем машины, представленное площадью $3-4-1-c-b-3$, получится удельная энергия удара e , кДж на 1 м^2 площади поршня:

$$e = (\text{Пл}(c-b-h-e-c) - \text{Пл}(3-4-1-c-b-3)) \cdot \frac{K_{\text{п}}}{\mu_P \cdot \mu_S}, \text{ кДж/м}^2,$$

где $\text{Пл}(c-b-h-e-c) = F_{\text{лев}};$

$\text{Пл}(3-4-1-c-b-3) = F_{\text{прав}}.$

Тогда

$$e = (F_{\text{лев}} - F_{\text{прав}}) \cdot \frac{K_{\text{п}}}{\mu_P \cdot \mu_S}, \text{ кДж/м}^2,$$

где $K_{\text{п}}$ – постоянная планиметра (прибора для измерения площадей);

$\mu_P \cdot \mu_S$ – масштабы соответственно давления и пути.

Удельная энергия, сообщаемая поршню на участке $1-3$, складывается из удельной энергии сжатого воздуха $a_{\text{сж.в}}$ и удельной энергии отражения стола e' после предшествующего удара.

Вся эта сообщенная поршню энергия расходуется на преодоление сил сопротивления $\frac{Q+R}{F_{\text{п}}}$ на пути S . Заменяв величину $a_{\text{сж.в}}$ эквивалентной

площадью на диаграмме, а величину $\frac{Q+R}{F_{\text{п}}} S$ – площадью прямоугольника

$1-a-b-c-1$, получим

$$\text{Пл}(1-2-3-b-c-1) + e' = \text{Пл}(1-a-b-c-1),$$

откуда

$$e' = (f_{\text{лев}} - f_{\text{прав}}) \cdot \frac{K_{\text{п}}}{\mu_P \cdot \mu_S}, \text{ кДж/м}^2.$$

Чаще всего $e' = (0,1 \div 0,15)e$, кДж/м².

Энергию удара и энергию отражения, отнесенных к 1 м^2 площади поршня, можно пересчитать на 1 кН падающих частей:

$$e_0 = \frac{e \cdot F_{\text{п}}}{Q}, \text{ Дж/кН}; \quad e'_0 = \frac{e' \cdot F_{\text{п}}}{Q}, \text{ Дж/кН}.$$

Определив e_0 , можно найти коэффициент, учитывающий долю использования потенциальной энергии встряхивающего стола при падении:

$$\eta = \frac{e_0}{S}.$$

Обычно $\eta = 0,3 \div 0,7$.

Главными факторами, оказывающими влияние на индикаторную диаграмму, являются элементы воздухораспределения, давление воздуха, нагрузка и др.

С увеличением пути наполнения S_e возрастают S_i , общая высота подъема стола. Выхлоп получается более глубоким, и энергия удара, как правило, увеличивается. Аналогичным образом влияют повышение давления воздуха, уменьшение нагрузки и силы трения.

5. Площадь сечения впускного отверстия $f_{\text{вп}}$ определяем из условия неразрывности потока воздуха:

$$f_{\text{вп}} \cdot v_{\text{вп}} = F_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}},$$

$$f_{\text{вп}} = \frac{F_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}}{v_{\text{вп}}}, \text{ м}^2,$$

где $v_{\text{п}}$ – средняя скорость подъема поршня; $v_{\text{п}} = 0,5\text{--}0,6$ м/с;

$v_{\text{вп}}$ – скорость прохода воздуха через впускное отверстие; $v_{\text{вп}} = 15\text{--}25$ м/с.

Диаметр впускного отверстия составляет

$$d_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вп}} \cdot 10^6}{\pi}}, \text{ мм.}$$

Площадь сечения выхлопных отверстий принимается в 3–5 раз больше площади сечения впускного отверстия.

6. Расход сжатого воздуха на одно встряхивание для машин без отсечки определяем из соотношения

$$V = (1,2 \div 1,3) \cdot V_{\text{н.ц}},$$

где $V_{\text{н.ц}}$ – объем воздуха при наполнении цилиндра на пути S_e , отнесенный к давлению сжатого воздуха в сети (p_0).

Находим $V_{н.ц}$ по формуле

$$V_{н.ц} = F_{п} \cdot (S_0 + S_p) \cdot \frac{p_2}{p_0} - F_{п} \cdot S_0 \cdot \frac{p_1}{p_0}, \text{ м}^3.$$

7. Рассчитываем производительность 1 м³ израсходованного воздуха:

$$e_b^1 = \frac{e \cdot F_{п}}{V}, \text{ кДж/м}^3.$$

Величина e_b^1 является показателем экономичности работы пневматического встряхивающего механизма; для существующих конструкций встряхивающих машин она находится в пределах 25–35 кДж/м³.

18. Альтернативный вариант расчета встряхивающих механизмов с поршневым воздухораспределением

Задание. Определите основные конструктивные параметры машины, расход воздуха на один удар и производительность одного кубического метра воздуха.

Исходные данные. Расчетная схема встряхивающего механизма (рис. 21); исходные параметры стандартного ряда опок для встряхивающих с амортизацией механизмов формовочных автоматов (табл. 4); безразмерные оптимальные конструктивные параметры встряхивающих механизмов с амортизацией и поршневым воздухораспределением (табл. 5).

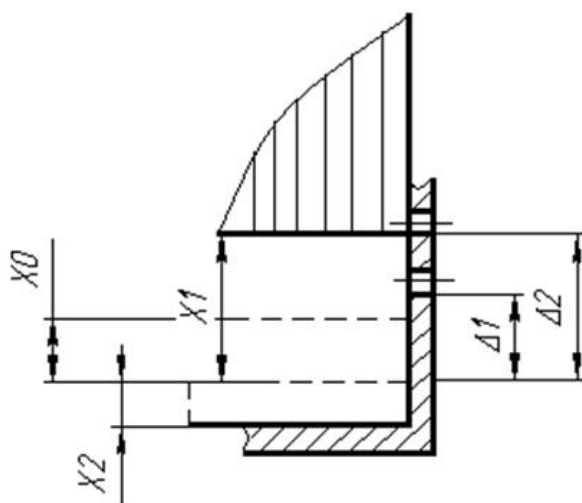


Рис. 21. Расчетная схема встряхивающего механизма с поршневым воздухораспределением

Таблица 4

Исходные параметры для расчета встряхивающих механизмов

Параметр	Обозначение	Размер полуформ, мм				
		500×400× ×200	600×500× ×250	800×700× ×300	1000×800 ××350	1200×1000× ×400
Грузоподъемность (при $p = 0,6 \text{ МПа}$), кг	Q	200	400	700	1200	2000
Масса поднимаемых при встряхивании частей машины, кг	M_0	120	200	500	600	1000
Общая масса, поднимаемая при встряхивании, кг	M_1	320	600	1200	1800	3000

Таблица 5

Безразмерные конструктивные параметры встряхивающих механизмов

Вариант	U	Ω	χ	γ	η	α	$h_{\text{вх}}$	$h_{\text{вых}}$	ξ	λ	$\Delta\xi$	$\Delta\tau$
1	7,0	2,75	0,28	0,58	0,73	0,12	1,18 1,13	1,30 1,25	0,259 0,315	0,464 0,565	0,406 0,385	1,57 1,22
2	5,63	4,16	0,38	0,66	0,75	0,12	1,24 1,09	1,35 1,20	0,265 0,240	0,451 0,410	0,501 0,419	1,90 1,96
3	8,13	5,28	0,24	0,32	0,64	0,11	1,09 1,15	1,20 1,25	0,251 0,289	0,529 0,610	0,334 0,358	1,33 1,24
4	7,25	5,94	0,21	0,41	0,71	0,15	1,20	1,35	0,246	0,456	0,339	1,38

В табл. 5 приведены четыре варианта безразмерных параметров встряхивающих механизмов, имеющих примерно одинаковую эффективность по ξ или λ . Расчет можно вести с использованием любого варианта. В вариантах 1 и 2 механизмы имеют более мощный удар и относительно низкую быстроходность. Параметры в первой строке каждого варианта относятся

к режиму чистого встряхивания, а во второй – к режиму встряхивания с одновременным прессованием. Давление сжатого воздуха и атмосферное давление принимают согласно ГОСТ 7020–75: $\rho_m = 700$ кПа, $\rho_a = 100$ кПа. Технологическая суммарная скорость стола находится в пределах $v = 0,5–0,7$ м/с. Суммарную скорость $v = 0,5$ м/с принимают в случае низкопрочных смесей при $\sigma_{сж} = 5–60$ кПа, $v = 0,6–0,7$ м/с – при $\sigma_{сж} = 150–200$ кПа.

В расчете используются безразмерные величины из табл. 5: U , Ω , χ , γ , η , α , $h_{вх}$, $h_{вых}$, ζ , λ , $\Delta\zeta$, $\Delta\tau$, а также величина M_1 из табл. 4 в соответствии с заданным размером опоки.

Порядок расчета:

1. Находим площадь встряхивающего поршня:

$$F = \frac{M_1}{\rho_m \cdot \left(\eta - \frac{p_a}{p_m} \right)}, \text{ м}^2.$$

2. Определяем высоту вредного пространства:

$$x_0 = \frac{\Delta v^2 \left(\eta - \frac{p_a}{p_m} \right)}{g \cdot \xi^2}, \text{ м},$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

3. Рассчитываем ширину (диаметр) впускного и выхлопного окон:

$$b_{вх} = b_{вых} = \alpha \cdot x, \text{ м}.$$

4. Определяем координату нижней кромки впускного окна:

$$\Delta_1 = h_{вх} \cdot x_0, \text{ м}.$$

5. Находим координату нижней кромки выхлопного окна:

$$\Delta_2 = h_{вых} \cdot x_0, \text{ м}.$$

6. Рассчитываем эффективное проходное сечение впуска:

$$f_в = \left(\frac{U \cdot F}{760} \right) \cdot \sqrt{\frac{\rho_m \cdot F \cdot x_0 \cdot g}{M_1}}, \text{ м}^2.$$

7. Определяем диаметр воздухоподводящего трубопровода ($\mu = 0,3$):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{эв}}{\pi \cdot \mu}}, \text{ м}.$$

8. Находим диаметр выхлопного трубопровода ($\mu = 0,3$):

$$d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вб}} \cdot \Omega}{\pi \cdot \mu_B}}, \text{ м.}$$

9. Рассчитываем суммарную жесткость пружин автоматизации:

$$c = \frac{\gamma \cdot \rho_m \cdot F}{x_0}, \text{ Н/м.}$$

10. Определяем интервал между двумя соударениями:

$$\Delta t = \Delta \tau \sqrt{\frac{M_1 \cdot x_0}{c_m \cdot F \cdot g}}, \text{ с.}$$

11. Находим частоту ударов:

$$n = \frac{1}{\Delta t}, \text{ Гц.}$$

12. Рассчитываем массу ударника:

$$M_2 = \chi \cdot M_1, \text{ кг.}$$

13. Определяем показатель эффективности:

$$Z = \rho_m \cdot F \cdot \xi, \text{ Н.}$$

19. Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины с отсечкой подачи воздуха и расширением воздуха в замкнутом объеме

Задание. Определите основные конструктивные параметры машины (рис. 22), расход воздуха на один удар и производительность одного кубического метра воздуха.

Исходные данные. Размеры опоки в свету $A_0 \times B_0$, м; высота опоки H_0 , м; давление воздуха в магистральной сети смеси p_0 , кПа.

Порядок расчета:

1. Общую грузоподъемность машины и площадь встряхивающего поршня рассчитываем так же, как для механизмов без отсечки подачи воздуха.

2. Строим индикаторную диаграмму. Индикаторная диаграмма встряхивающего цилиндра при наличии отсечки подачи воздуха (рис. 23) отли-

чается от диаграммы механизма без отсечки подачи воздуха в основном тем, что она имеет на линии хода поршня вверх дополнительный участок расширения воздуха в замкнутом объеме цилиндра, а на линии хода вниз – соответствующий участок сжатия воздуха. На этих участках как впускное, так и выхлопное отверстия закрыты. Изменение состояния воздуха на данных участках может быть принято адиабатическим, т. е. без теплообмена с окружающей средой.

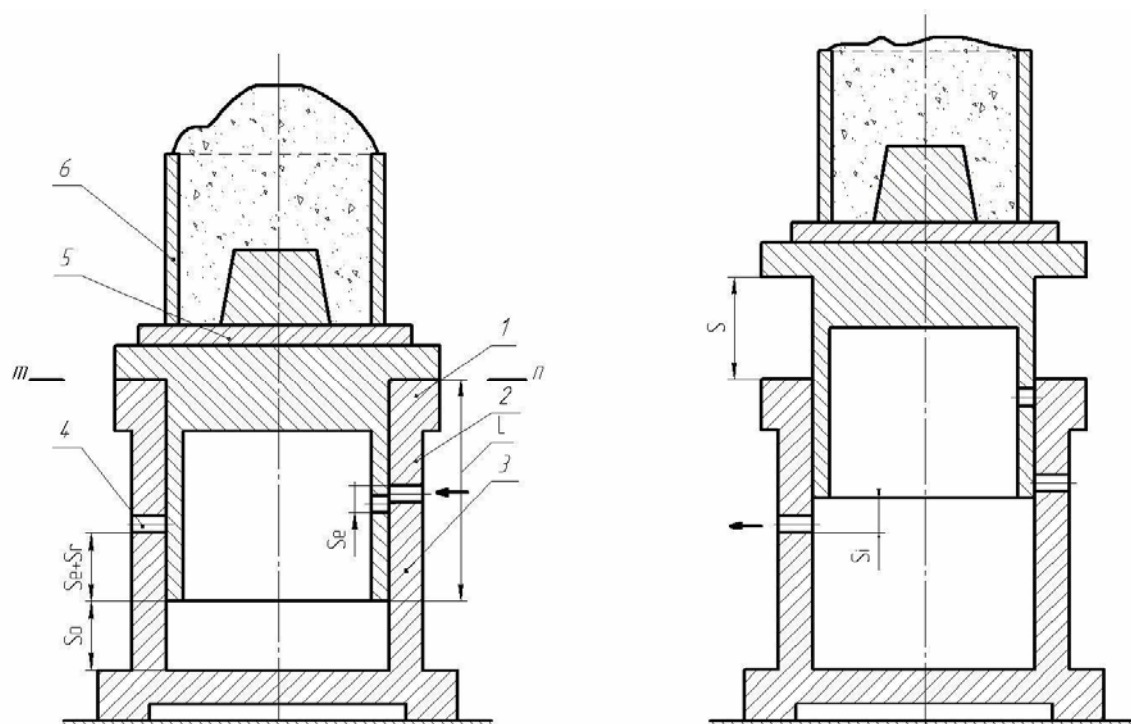


Рис. 22. Схема встраиваемого механизма с отсечкой и расширением воздуха в замкнутом объеме:

1 – встраиваемый цилиндр; 2 – впускное отверстие; 3 – встраиваемый поршень;
4 – выхлопное отверстие; 5 – подмодельная плита с моделью; 6 – опока

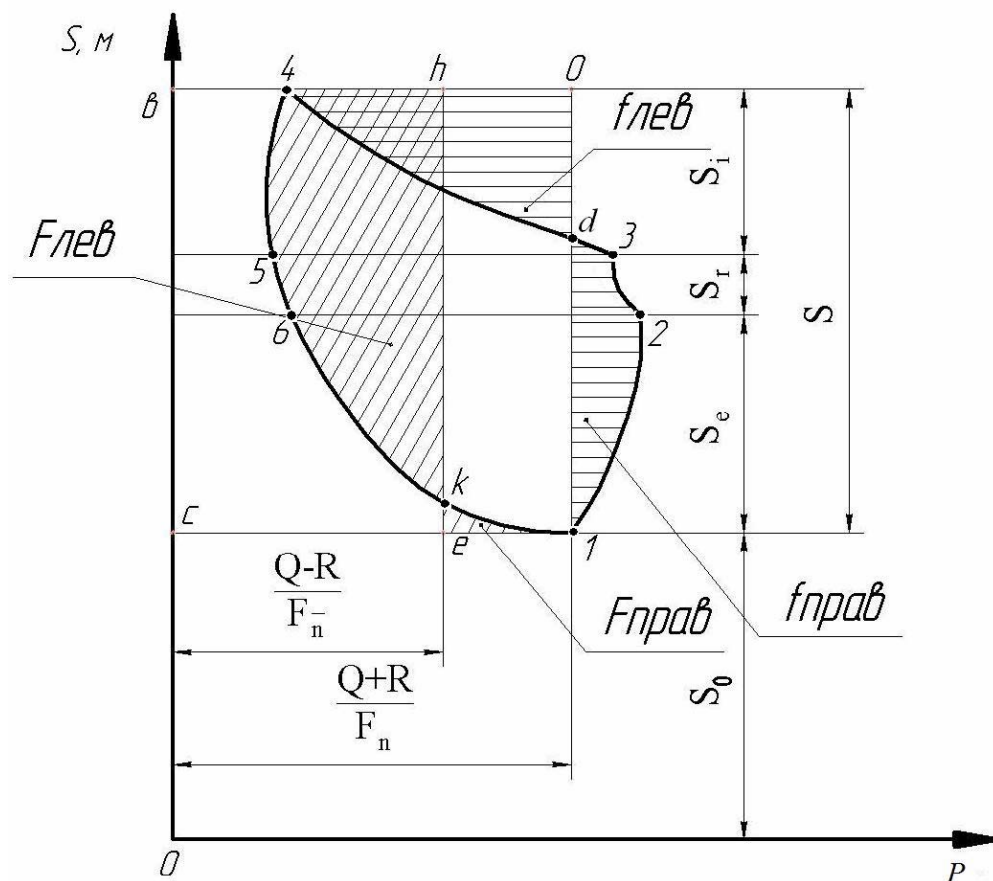
Индикаторная диаграмма строится исходя из практических данных. Основные практические параметры находятся в следующих пределах:

- высота встраивания (ход поршня) $S = 0,06–0,08$ м;
- ход наполнения $S_e = (0,4 \div 0,5) S$, м;
- ход расширения $S_r = (0,2 \div 0,4) S_e$, м;
- ход движения по инерции $S_i = S - (S_e + S_r)$, м;
- приведенная высота вредного пространства $S_0 = (0,7 \div 1,0) S$.

$$p_1 = \frac{Q + R}{F_{\Pi}}, \text{ кПа;}$$

$$S_1 = S_0, \text{ м.}$$

$$S_1 = S_0, \text{ M.}$$



Точка 2 соответствует моменту закрытия впускного отверстия, при этом выхлопное отверстие остается закрытым:

$$S_2 = S_0 + S_e, \text{ M.}$$

381

На участке 2–3 происходит расширение воздуха в замкнутом объеме.

Точка 3 соответствует моменту открытия выхлопного отверстия. Давление воздуха в точке 3 составляет

$$p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{S_0 + S_e}{S_0 + S_e + S_r} \right)^k, \text{ кПа},$$

где $k = 1,41$ – показатель адиабаты.

Ордината точки 3 $S_3 = S_0 + S_e + S_r$, м.

От точки 3 до точки 4 поршень движется по инерции. В точке 4, израсходовав весь запас сообщенной ему энергии, поршень останавливается и затем начинает двигаться вниз.

Ввиду того, что в машинах с отсечкой приток сжатого воздуха из сети в цилиндр во время выхлопа прекращен, избыточное давление в верхнем положении поршня меньше, чем в машинах без отсечки, и составляет 10–30 кПа. Таким образом,

$$P_4 = 10 \div 30, \text{ кПа};$$

$$p_1 \leq \frac{Q - R}{F_{\pi}}, \text{ кПа};$$

$$S_4 = S_0 + S_e + S_r + S_i, \text{ м.}$$

Точка 5 соответствует моменту закрытия выхлопного отверстия при движении поршня вниз. Избыточное давление в конце выхлопа не превышает обычно 10–15 кПа. Следовательно,

$$P_5 = 10 \div 15, \text{ кПа};$$

$$S_5 = S_3, \text{ м.}$$

На участке 5–6 происходит сжатие воздуха в замкнутом цилиндре:

$$P_6 = P_5 \cdot \left(\frac{(S_0 + S_e + S_r) \cdot F_{\pi}}{(S_0 + S_e) \cdot F_{\pi}} \right)^k, \text{ кВт.}$$

В точке 6 открывается впускное отверстие, и цилиндр начинает наполняться сжатым воздухом: $S_6 = S_2 = S_0 + S_e$, м.

На участке 6–1 диаграммы давление под поршнем растет за счет подачи сжатого воздуха в цилиндр и сжатия воздуха под движущимся вниз

поршнем за счет уменьшения объема. В точке 1 происходит удар стола машины о фланец цилиндра, что вызывает уплотнение смеси. Затем цикл движения поршня повторяется.

3. Осуществляем анализ индикаторной диаграммы.

На индикаторной диаграмме проводятся линии, соответствующие значениям избыточного давления: $\frac{Q+R}{F_{\pi}}$ и $\frac{Q-R}{F_{\pi}}$.

Удельная работа удара, отнесенная к единице площади поршня, представляет собой разность площадей:

$$e = \text{Пл}(e-h-b-c-e) - \text{Пл}(4-5-6-k-1-e-1-c-b-4), \text{ кДж/м}^2.$$

Исключая одинаковые участки рассматриваемых площадей, получаем

$$e = \text{Пл}(k-h-4-5-6-k) - \text{Пл}(e-1-k-e) = F_{\text{лев}} - F_{\text{прав}}, \text{ кДж/м}^2.$$

Удельная работа удара, отнесенная к единице веса падающих частей, составляет

$$e_0 = \frac{e \cdot F_{\pi}}{Q}, \text{ кДж/кН}.$$

Удельная работа отражения стола после удара, отнесенная к единице площади поршня, выражается разностью площадей:

$$\begin{aligned} e_0 &= \text{Пл}(1-d-0-4-b-c-e-1) - \text{Пл}(1-2-3-4-b-c-e-1) = \\ &= \text{Пл}(d-0-h-4-d) - \text{Пл}(1-2-3-d-1) = f_{\text{лев}} - f_{\text{прав}}, \text{ кДж/м}^2. \end{aligned}$$

Удельная энергия отражения, отнесенная к единице веса, составит

$$e_0' = \frac{e' \cdot F_{\pi}}{Q}, \text{ кДж/кН}.$$

Зная e_0 , можно определить коэффициент использования потенциальной энергии встряхивающего стола:

$$\eta = \frac{e_0}{S};$$

$$\eta = 0,3 \div 0,7.$$

4. Расход сжатого воздуха за один удар определяем как разность между количеством воздуха в цилиндре до начала выхлопа (точка 3) и коли-

чеством воздуха в цилиндре к концу выхлопа (точка 5) в пересчете на свободный воздух (при атмосферном давлении):

$$V_{3-5} = F_{\pi} \cdot (S_0 + S_e + S_r) \cdot \left(\frac{p_3 - p_5}{100} \right), \text{ м.}$$

5. Находим производительность 1 м³ израсходованного воздуха:

$$e_x^1 = \frac{e \cdot F_{\pi}}{V_{3-5}}, \text{ кДж/м}^3.$$

6. Рассчитываем площади сечений впускного и выпускного отверстий, определяемые объемом и скоростью проходящего через них воздуха.

Площадь сечения впускного отверстия составляет

$$f_{\text{вп}} = \frac{V_{1-2}}{v_{\text{вп}} \cdot \tau_{\text{вп}}},$$

где V_{1-2} – объем воздуха на пути наполнения S_e ;

$v_{\text{вп}} = 15\text{--}20$ м/с – скорость прохождения воздуха через впускное отверстие;

$\tau_{\text{вп}}$ – время впуска.

Объем воздуха V_{1-2} определяется по формуле

$$V_{1-2} = F_{\pi} \cdot (S_0 + S_e) \cdot \left(\frac{p_2}{p_0} \right) - F_{\pi} \cdot S_0 \cdot \left(\frac{p_1}{p_0} \right), \text{ м}^3.$$

Время впуска составляет

$$\tau_{\text{вп}} = \frac{S_e}{v_{\pi}}, \text{ с,}$$

где v_{π} – средняя скорость подъема поршня (принимается в пределах $v_{\pi} = 0,5\text{--}0,6$ м/с).

Диаметр впускного отверстия рассчитывается по формуле

$$d_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вп}} \cdot 10^6}{\pi}}, \text{ мм.}$$

Площадь сечения выпускного отверстия определяется так же, как и впускного:

$$f_{\text{вып}} = \frac{V_{3-5}^{p_0}}{v_{\text{вып}} \cdot \tau_{\text{вып}}}, \text{ м}^2,$$

где $V_{3-5}^{p_0}$ – расход сжатого воздуха при впуске в цилиндр, отнесенный к давлению сжатого воздуха в сети, м³;

$v_{\text{вып}}$ – скорость прохождения воздуха через выхлопное отверстие;

$v_{\text{вып}} = 10\text{--}20$ м/с;

$\tau_{\text{вып}}$ – время выхлопа, с.

Величина $V_{3-5}^{P_0}$ рассчитывается следующим образом:

$$V_{3-5}^{P_0} = F_{\Pi} \cdot (S_0 + S_e + S_r) \cdot \left(\frac{P_3 - P_5}{P_0} \right), \text{ м}^3.$$

Время выхлопа определяется по формуле

$$\tau_{\text{вып}} = \frac{S_i}{v_{\Pi}}, \text{ с.}$$

20. Пример расчета пневматической встряхивающей формовочной машины с отсечкой подачи воздуха и без расширения воздуха в замкнутом объеме

Задание. Определите основные конструктивные параметров машины (рис. 24), расход воздуха на один удар и производительность 1 м³ воздуха.

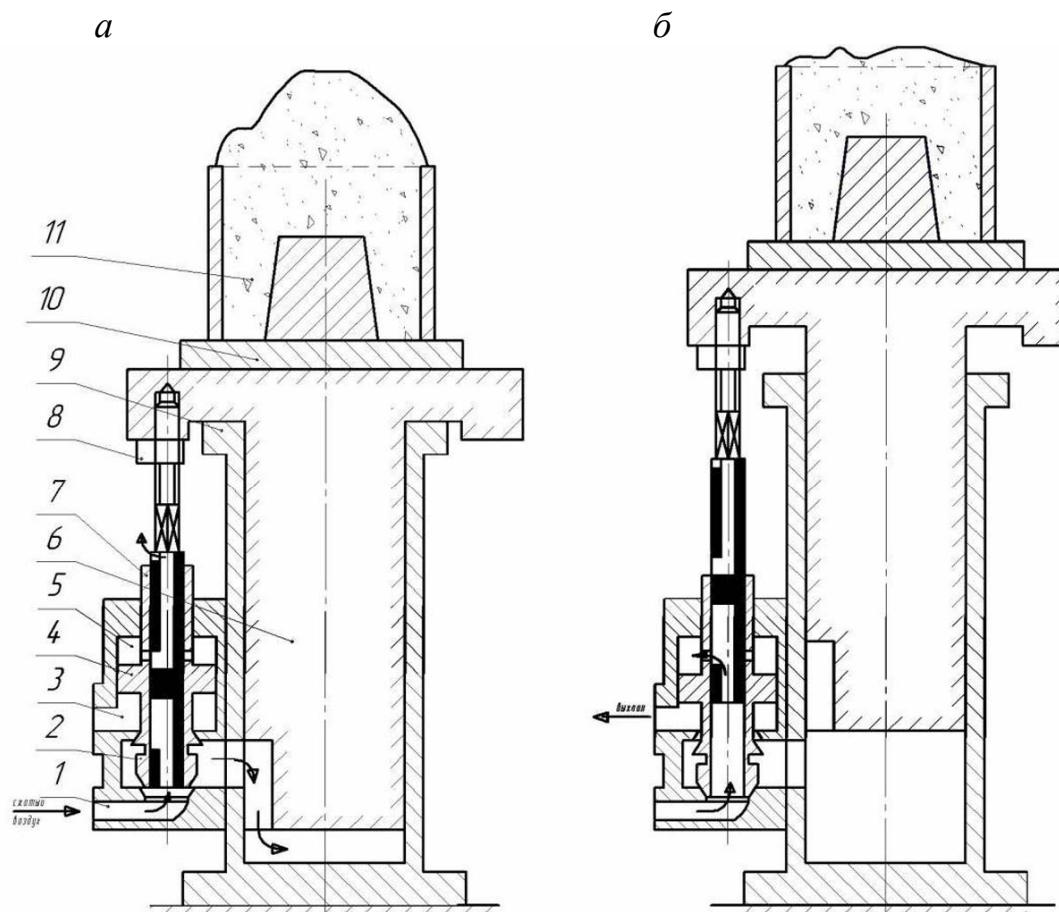


Рис. 24. Схема встряхивающего механизма с перекидным двухседельным клапаном:

а – нижнее положение; *б* – верхнее положение; 1 – впускной канал; 2 – перекидной клапан; 3 – выхлопной канал; 4 – поршень клапана; 5 – надпоршневое пространство; 6 – встряхивающий поршень; 7 – плунжер; 8 – регулирующий винт; 9 – встряхивающий цилиндр; 10 – подмодельная плита с моделью; 11 – опока

Исходные данные. Размеры опоки в свету $A_0 \times B_0$, м; высота опоки H_0 , м; давление воздуха в магистральной сети смеси p_0 , МПа.

Порядок расчета:

1. Полезную нагрузку на машину Q_1 , вес подвижных частей и вес формы Q_2 , общую грузоподъемность машины и площадь встряхивающего поршня рассчитываем так же, как у механизма без отсечки и расширения воздуха.

2. Осуществляем построение индикаторной диаграммы. Индикаторная диаграмма встряхивающего цилиндра с отсечкой и без расширения воздуха (рис. 25) [11] отличается от диаграммы механизма с отсечкой и расширением воздуха тем, что на линиях хода поршня вверх и вниз отсутствуют соответственно участки расширения и сжатия воздуха. Выхлопное отверстие открывается в момент закрытия впускного. Такой характер воз-
духораспределения обеспечивается, например, двухседельным перекидным клапаном. Другой особенностью воздухораспределения с помощью перекидного двухседельного клапана является глубокий выхлоп, что позволяет получать более высокие значения удельной энергии удара.

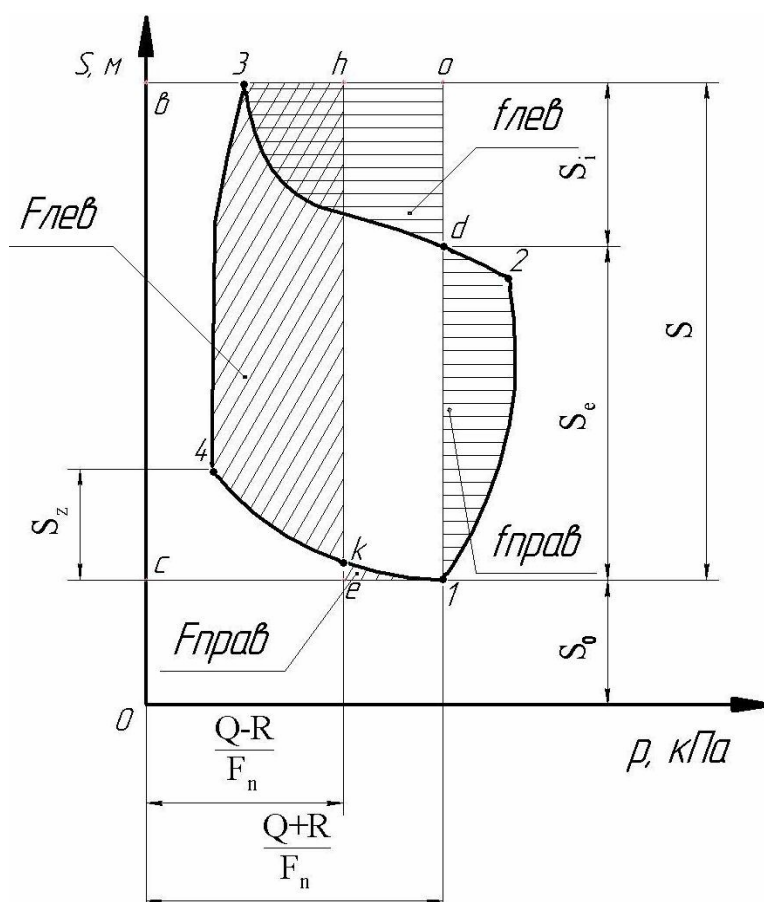


Рис. 25. Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма с отсечкой и без расширения воздуха в замкнутом объеме

Точка 1 соответствует началу движения поршня вверх:

$$p_1 = \frac{Q + R}{F_{\pi}}, \text{ кПа};$$

$$S_1 = S_0 = (0,15 \div 0,30) \cdot S, \text{ м};$$

$$S = 0,06 \div 0,08 \text{ м}.$$

Точка 2 соответствует моменту закрытия впускного отверстия и открытия выхлопного отверстия:

$$p_2 = p_1 + (50 \div 100), \text{ кПа};$$

$$S_2 = S_0 + S_e, \text{ м};$$

$$S_e = (0,6 \div 0,7) S, \text{ м}.$$

От точки 2 до точки 3 поршень движется по инерции. Точка 3 имеет следующие координаты:

$$p_3 = 10 \div 30, \text{ кПа};$$

$$S_3 = S_2 + S_i, \text{ м};$$

$$S_i = 0,3 \div 0,4 S, \text{ м}.$$

В точке 3 поршень останавливается и начинает двигаться вниз. При этом выхлопное отверстие остается открытым (при помощи поршня перекидного двухседельного клапана) почти до конца падения поршня.

Точка 4, соответствующая моменту закрытия выхлопного отверстия, находится на расстоянии S_z от плоскости удара $c-1$:

$$p_4 = 10 \div 15, \text{ кПа};$$

$$S_4 = S_0 + S_z, \text{ м};$$

$$S_z \approx 0,25 \cdot S, \text{ м}.$$

На участке 4–1 идет заполнение цилиндра воздухом. Небольшая высота вредного пространства обеспечивает быстрое увеличение давления на данном участке, а также уменьшение расхода сжатого воздуха на один цикл. В точке 1 происходит удар, что вызывает уплотнение смеси.

3. Проводим анализ индикаторной диаграммы.

Удельная работа удара, отнесенная к единице площади поршня, равна

$$e = F_{\text{лев}} - F_{\text{прав}}, \text{ кДж/м}^2.$$

Удлиненный выхлоп, как следует на диаграммы, увеличивает $F_{\text{лев}}$ и уменьшает $F_{\text{прав}}$, а следовательно, значительно повышает энергию удара при той же длине хода поршня.

На индикаторной диаграмме удельная эффективная работа определяется площадью, образованной точками 1–2–3–4–1. Если эту работу разделить на длительность цикла, получится эффективная удельная мощность e_3 . Таким образом, чем больше площадь 1–2–3–4–1, тем при прочих равных условиях больше мощность встряхивающего механизма [11].

На практике с помощью индикаторных диаграмм определяется не только мощность встряхивающего механизма, но и характер его неисправностей. Например, если требуется увеличить энергию единичного удара, то нужно несколько уменьшить величину воздушной подушки, т. е. предварительный впуск осуществить в положении ниже точки 4; на выхлопе установить дроссель, что обеспечивает медленный выпуск, а следовательно, более полное расширение воздуха. Тогда остановка поршня будет происходить не в точке 3, а выше. Высота встряхивания увеличится, а значит, возрастет и энергия удара. На мощность встряхивающего механизма помимо трения и противодействия воздуха в цилиндре решающее влияние оказывает величина полезной нагрузки. На рис. 26 представлен график изменения эффективной удельной мощности e_3 от безразмерной нагрузки [11]:

$$\mu = \frac{Q}{p_0 \cdot F_{\text{п}}},$$

где Q – внешняя нагрузка (поршень со столом, модельно-опочная оснастка со смесью), кН.

Максимально эффективная удельная мощность e_3 лежит в пределах безразмерной нагрузки $\mu_{\text{опт}} = 0,6 \div 0,8$ (см. рис. 26). Незначительное увеличение нагрузки свыше $\mu_{\text{опт}}$ приводит к резкому падению мощности и даже к остановке машины ($e_3 = 0$). Снижается e_3 и при уменьшении нагрузки Q : в этом случае установленные значения p_0 и $F_{\text{п}}$ превышают требуемые.

Удельная работа отражения стола после удара, отнесенная к единице площади поршня, составляет

$$e_0 = f_{\text{лев}} - f_{\text{прав}}, \text{ кДж/м}^2.$$

Удельная работа удара и отражения на единицу веса падающих частей равны соответственно

$$e_0 = \frac{e \cdot F_{\text{п}}}{Q}, \text{ кДж/кН};$$

$$e'_0 = \frac{e' \cdot F_{\text{п}}}{Q}, \text{ кДж/кН}.$$

Коэффициент использования потенциальной энергии стола при падении с высоты S определяется по формуле

$$\eta = \frac{e_0}{S};$$

$$\eta = 0,3 \div 0,7.$$

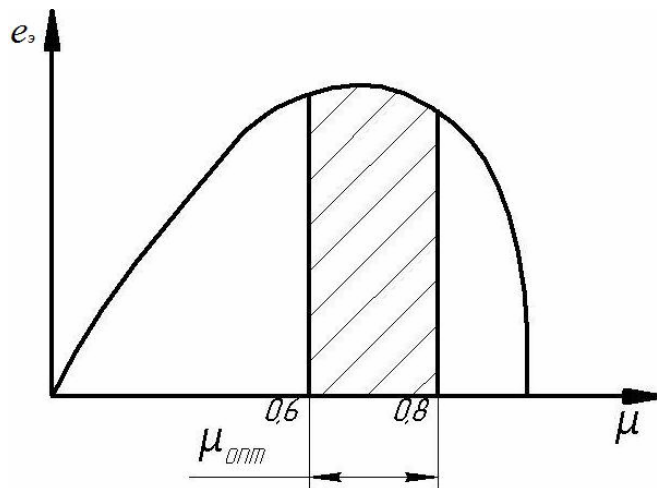


Рис. 26. Зависимость эффективной удельной мощности $e_{\text{э}}$ от безразмерной нагрузки μ

4. Рассчитываем расход воздуха за один удар (отнесенный к нормальному атмосферному давлению):

$$V = F_{\text{п}} \cdot (S_0 + S_e) \cdot \left(\frac{P_2}{100} \right) - F_{\text{п}} \cdot (S_0 + S_z) \cdot \left(\frac{P_4}{100} \right), \text{ м}^3.$$

5. Находим производительность 1 м³ израсходованного воздуха:

$$e_v = \frac{e \cdot F_{\text{п}}}{V}, \text{ кДж/м}^3.$$

6. Проводим расчет площадей сечений впускного и выхлопного отверстий, а также расчет поршня на прочность.

Площадь сечения впускного отверстия составляет

$$f_{\text{вп}} = \frac{V_{1-2}}{v_{\text{вп}} \cdot \tau_{\text{вп}}}, \text{ м}^2,$$

где V_{1-2} – объем воздуха на пути наполнения S_e ;

$v_{\text{вп}} = 15\text{--}20$ м/с – скорость прохождения воздуха через впускное отверстие;

$\tau_{\text{вп}}$ – время впуска.

Величина V_{1-2} определяется по формуле

$$V_{1-2} = F_{\text{п}} \cdot (S_0 + S_e) \cdot \left(\frac{p_2}{p_0} \right) - F_{\text{п}} \cdot S_0 \cdot \left(\frac{p_1}{p_0} \right), \text{ м}^3.$$

Время впуска равно

$$\tau_{\text{вп}} = \frac{S_e}{v_{\text{п}}}, \text{ с},$$

где $v_{\text{п}}$ – средняя скорость подъема поршня (принимается в пределах $v_{\text{п}} = 0,5\text{--}0,6$ м/с).

Диаметр впускного отверстия рассчитывается по формуле

$$d_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вп}} \cdot 10^6}{\pi}}, \text{ мм}.$$

Площадь сечения выпускного отверстия определяется так же, как и впускного:

$$f_{\text{вып}} = \frac{V_{3-5}^{p_0}}{v_{\text{вып}} \cdot \tau_{\text{вып}}}, \text{ м}^2,$$

где $V_{3-5}^{p_0}$ – расход сжатого воздуха при впуске в цилиндр, отнесенный к давлению сжатого воздуха в сети, м^3 ;

$v_{\text{вып}}$ – скорость прохождения воздуха через выхлопное отверстие;

$v_{\text{вып}} = 10\text{--}20$ м/с;

$\tau_{\text{вып}}$ – время выхлопа, с.

Величина $V_{3-5}^{p_0}$ рассчитывается по формуле

$$V_{3-5}^{p_0} = F_{\text{п}} \cdot (S_0 + S_e + S_r) \cdot \left(\frac{P_3 - P_5}{P_0} \right), \text{ м}^3.$$

Время выхлопа составляет

$$\tau_{\text{вып}} = \frac{S_i}{v_{\text{п}}}, \text{ с.}$$

21. Пример расчета пескодувной стержневой машины

Задание. Определите основные конструктивные параметры машины (рис. 27) и величину усилия зажима стержневого ящика и прижима его к пескодувному резервуару.

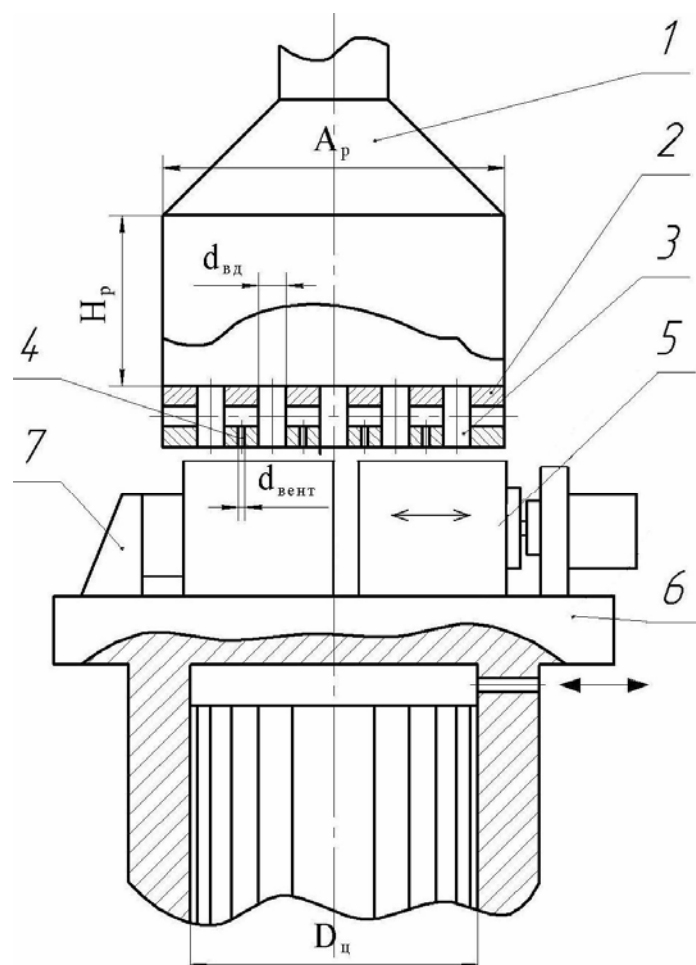


Рис. 27. Схема пескодувной стержневой машины:

1 – пескодувный резервуар; 2 – комбинированная дутьевая плита; 3 – вдувные отверстия; 4 – вентиляционные отверстия; 5 – подвижный упор зажима стержневого ящика; 6 – стол прижима стержневого ящика; 7 – неподвижный упор

Исходные данные. Вес изготавливаемого стержня или суммарный вес стержней с одного съема G , кН; размеры стержневого ящика $A \times B \times H$, м; давление воздуха в сети p_0 , кПа.

Порядок расчета. Размеры надувной плиты, расстояние от рабочего стола до надувной плиты для машин с горизонтальным или вертикальным разъемом стержневых ящиков (продолжительность цикла) регламентируются ГОСТ 8907–79. Значения других параметров находят по эмпирическим формулам, полученным на основе исследования рабочего процесса и анализа практических данных.

1. Определяем объем смеси, необходимый для получения стержней одного съема:

$$V_{\text{см}} = \frac{G}{\delta_0}, \text{ м}^3,$$

где G – вес стержневой смеси, кН;

$\delta_0 = 11 \div 13 \text{ кН/м}^3$ – удельный вес стержневой смеси.

2. Рассчитываем объем рабочей части пескодувного резервуара и его размеры:

$$V_p = (1,2 \div 1,5) \cdot V_{\text{см}}, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{см}}$ – объем смеси, м^3 .

Объем смеси составляет

$$V_{\text{см}} = \frac{G}{\gamma}, \text{ м}^3,$$

где γ – удельный вес стержневой смеси, кН/м^3 .

V_p можно также определить по формуле

$$V_p = A_p \cdot B_p \cdot H_p,$$

где A_p, B_p, H_p – габаритные размеры резервуара, м.

$$A_p \approx A; B_p \approx B; H_p = \frac{V_p}{A \cdot B}, \text{ или } H_p = (2,5 \div 3,0) \cdot H, \text{ м.}$$

3. Суммарную площадь вдувных отверстий $F_{\text{вд}}$ определяем, исходя из расчета, что через каждый 1 м^2 площади вдувных отверстий должно проходить определенное количество смеси:

$$F_{\text{вд}} = \frac{G}{q}, \text{ м}^2,$$

где q – количество смеси; $q = 20 \div 50, \text{ кН/м}^2$.

4. Находим количество вдувных отверстий:

$$n = \frac{F_{\text{ст}}}{f}, \text{ шт.},$$

где $F_{\text{ст}}$ – площадь горизонтальной проекции стержня (стержней) в плане, определяемая исходя из габаритных размеров стержня, м^2 ;

f – часть площади стержня, приходящаяся на одно вдувное отверстие; $f \approx (5 \div 6) \cdot 10^{-3}$, $\text{м}^2/\text{отв.}$

5. Рассчитываем диаметр вдувных отверстий:

$$d_{\text{вд}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{вд}}}{\pi \cdot n}}, \text{ м},$$

где $\frac{F_{\text{вд}}}{n}$ – площадь сечения одного отверстия, м^2 .

6. Определяем суммарную площадь вентиляционных отверстий. Она зависит от размеров стержня и составляет:

- $\sum F_{\text{вент}} \geq (0,3 \div 0,7) \cdot \sum F_{\text{вд}}$ – для крупных стержней;
- $\sum F_{\text{вент}} \geq (0,15 \div 0,2) \cdot \sum F_{\text{вд}}$ – для мелких стержней.

7. Проводим расчет усилия зажима стержневого ящика подвижным боковым упором:

$$P_{\text{зж}} = F_{\text{ст}} \cdot p'_0 - R_1, \text{ кН},$$

где $F_{\text{ст}}$ – площадь боковой поверхности (вертикальной проекции) стержней в плане, м^2 (рассчитывается по значениям веса стержней в одном съеме, их количества и удельного веса ($\rho_{\text{ст}} = 15\text{--}17 \text{ кН/м}^3$), установленным габаритным размерам стержней в пределах размеров стержневого ящика);

$p'_0 = (0,7 \div 0,9) \cdot p_0$ – давление воздуха в стержневом ящике, кПа ;

R_1 – сила трения, возникающая при перемещении подвижной половины стержневого ящика относительно неподвижной.

Сила трения определяется по формуле

$$R_1 = 0,25 \cdot \frac{G_{\text{ящ}}}{2}, \text{ кН},$$

где $G_{\text{ящ}}$ – вес стержневого ящика, кН .

Вес стержневого ящика составляет

$$G_{\text{ящ}} = \left(A \cdot B \cdot H - \frac{G}{\rho_{\text{ст}}} \right) \cdot \rho_{\text{ящ}}, \text{ кН},$$

где $\rho_{\text{ящ}}$ – удельный вес материала стержневого ящика, кН/м³.

8. Находим диаметр поршня подвижного упора:

$$d_{\text{зж}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{зж}}}{n}}, \text{ м},$$

где $F_{\text{зж}}$ – площадь поперечного сечения зажимного поршня, м².

Для расчета $F_{\text{зж}}$ можно использовать формулу

$$F_{\text{зж}} = \frac{P_{\text{зж}}}{p_0}, \text{ м}^2,$$

тогда

$$d_{\text{зж}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{зж}}}{\pi \cdot p_0}}, \text{ м}.$$

9. Определяем усилие прижима стержневого ящика к пескодувному резервуару:

$$P_{\text{пр}} = F_{\text{ст}} \cdot p'_0 + Q - R_2, \text{ кН},$$

где Q – вес подвижных частей машины, кН (значение Q определяется по результатам расчетов через объемы и удельные веса выбранных (установленных по чертежу) конструктивных элементов стержневой машины: прижимного цилиндра, стола, стержневого ящика, стержня, подвижного упора, неподвижного упора и т. п.);

R_2 – сила трения прижимного поршня о стенки цилиндра; $R_2 \approx 0,05 \cdot Q$, кН.

10. Находим диаметр прижимного цилиндра:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{пр}}}{\pi \cdot p_0}}, \text{ м}.$$

22. Пример расчета пескострельной стержневой машины

Задание. Определите основные конструктивные параметры машины (рис. 28) и усилие прижима стержневого ящика к пескострельному резервуару.

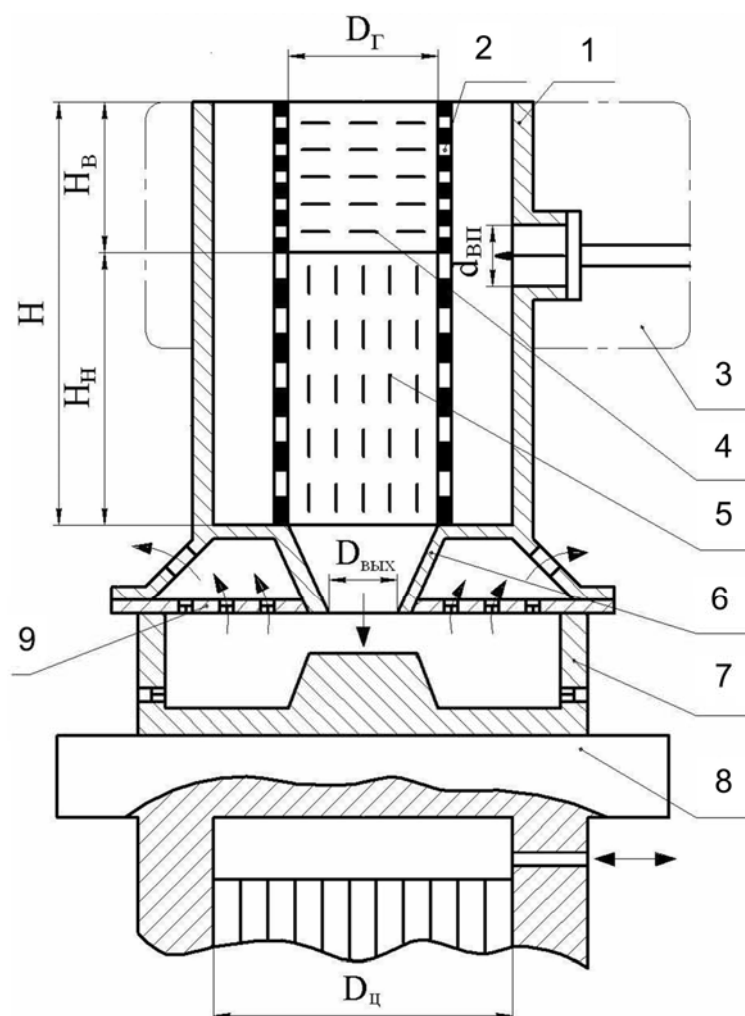


Рис. 28. Схема пескострельной стержневой машины:

1 – пескострельный резервуар; 2 – гильза; 3 – ресивер; 4 – горизонтальные прорезы гильзы; 5 – вертикальные прорезы гильзы; 6 – коническая насадка; 7 – стержневой ящик; 8 – стол прижима стержневого ящика; 9 – дутьевая плита

Исходные данные. Масса изготавливаемых стержней за один съем M , кг; размеры стержневого ящика $A \times B \times H$, м; давление сжатого воздуха в сети p_0 , кПа.

Порядок расчета. Основные параметры пескострельной машины определяются по эмпирическим зависимостям, установленным на основании опытных данных.

1. Находим диаметр гильзы пескострельного резервуара:

$$D_r = (0,09 \div 0,1) \cdot \sqrt[3]{M}, \text{ м.}$$

2. Рассчитываем высоту гильзы:

$$H = H_b + H_n, \text{ м.}$$

Высота верхней части гильзы составляет

$$H_b = (0,4 \div 0,6) \cdot D_r, \text{ м.}$$

Высота нижней части гильзы равна

$$H_n = (1,5 \div 1,8) \cdot D_r, \text{ м.}$$

3. Определяем площадь сечения впускного клапана:

$$F_{\text{вп}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{вп}}^2}{4}, \text{ м}^2,$$

где $d_{\text{вп}}$ – диаметр впускного отверстия; $d_{\text{вп}} = (0,2 \div 0,5) \cdot D_r, \text{ м.}$

4. Находим суммарную площадь прорезей в верхней и нижней частях гильзы:

$$\sum F_b \geq (0,3 \div 0,4) \cdot F_{\text{вп}}, \text{ м}^2;$$

$$\sum F_n \geq (0,8 \div 1,2) \cdot F_{\text{вп}}, \text{ м}^2.$$

5. Определяем ширину прорезей в верхней и нижней частях гильзы:

$$\Delta_b = 0,8 \div 1,0 \text{ мм};$$

$$\Delta_n = 0,3 \div 0,5 \text{ мм.}$$

6. Рассчитываем диаметр выходного отверстия конической насадки:

$$d_{\text{вых}} = (0,3 \div 0,5) \cdot D_r, \text{ м.}$$

Угол наклона образующей конуса насадки к горизонту α принимается из интервала $45\text{--}60^\circ$.

7. Суммарную площадь сечения вентиляционных отверстий находим из соотношения

$$\sum F_{\text{вент}} = (0,5 \div 1,0) \cdot F_{\text{вп}}, \text{ м}^2.$$

8. Рассчитываем объем ресивера $V_{\text{рес}}$:

$$V_{\text{рес}} = V_{\text{г}} \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{1}{\varphi}\right)}{1,032 + 3 \cdot D_{\text{г}}} \right)^{3,7}, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{г}}$ – объем гильзы; $V_{\text{г}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{г}}^2}{4} \cdot H_{\text{г}}, \text{ м}^3$;

$\varphi = 0,01\text{--}0,05$ – коэффициент уменьшения степени уплотнения (верхний предел относится к гильзам малых размеров) из-за ограниченности размеров ресивера.

Объем ресивера иногда принимают приближенно в зависимости от объема гильзы и массы стержня: $V_{\text{рес}} = (4,0 \div 8,0) \cdot V_{\text{г}}, \text{ м}^3$ (меньшие значения в скобках указаны для машины с массой стержня 40–200 кг, большие – для машины с массой стержней менее 40 кг) [11].

9. Усилие прижима стержневого ящика к надувной плите пескострельного резервуара определяем, исходя из предположения, что площадь внутренней рабочей поверхности, на которую давит сжатый воздух (горизонтальная проекция стержня), стараясь отжать ящик от дутьевой плиты, составляет приблизительно 50–60 % от площади ящика в плане и рассчитывается по формуле

$$P_{\text{пр}} \approx (0,5 \div 0,6) \cdot p'_0 \cdot F_{\text{ящ}} + Q - R, \text{ кН},$$

где p'_0 – давление воздуха в стержневом ящике; $p'_0 = (0,7 \div 0,9) \cdot p_0, \text{ кПа}$;

$F_{\text{ящ}}$ – площадь горизонтальной проекции стержневого ящика, м^2 ;

Q – вес стола и полезной нагрузки, кН;

R – сила трения при отжиме стола; $R \approx 0,05 \cdot Q, \text{ кН}$.

Усилие прижима ящика должно преодолеть разжимающее воздействие подаваемого в ящик сжатого воздуха, а также вес стола, самого ящика, вдуваемой смеси. Сила трения в прижимном цилиндре способствует удержанию ящика под дутьевой плитой. Так как эта сила направлена в сторону, противоположную направлению движения прижимного стола, в приведенной формуле она указана со знаком «минус».

10. Находим диаметр прижимного цилиндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{пр}}}{\pi \cdot p_0}}, \text{ м.}$$

11. Определяем площадь прижимного цилиндра:

$$F_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2}{4} = \frac{P_{\text{пр}}}{p_0}.$$

12. При необходимости производим расчет устройства зажима стержневого ящика (см. пример 21).

23. Пример расчета метательной головки пескомета

Задание. Определите основные конструктивные параметры смесителя (рис. 29) и необходимую для его работы мощность электродвигателя привода.

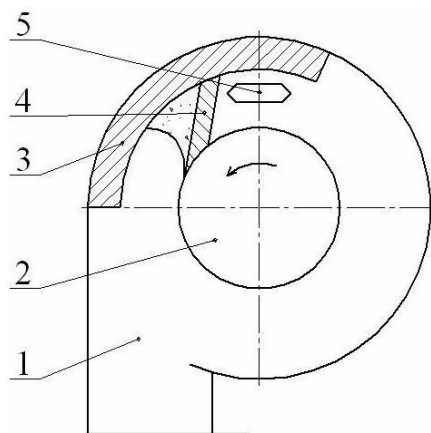


Рис. 29. Схема метательной головки пескомета:

1 – кожух; 2 – ротор; 3 – направляющая дуга; 4 – лопатка; 5 – транспортер для подачи формовочной смеси в головку

Исходные данные. Производительность пескомета по уплотненному объему Π , м³/ч.

Порядок расчета:

1. Определяем размер пакета формовочной смеси (рис. 30).

Если представить сечение пакета формовочной смеси в плоскости вращения рабочей лопатки в виде треугольника с размером основания

и высотой a , то объем смеси V_1 , выбрасываемой метательной головкой с одной лопаткой за один оборот ротора, будет равен

$$V_1 = \frac{a^2}{2} \cdot b, \text{ м}^3,$$

где $\frac{a^2}{2}$ – площадь треугольника, м^2 ;

b – высота треугольной трапеции (ширина лопатки), м .

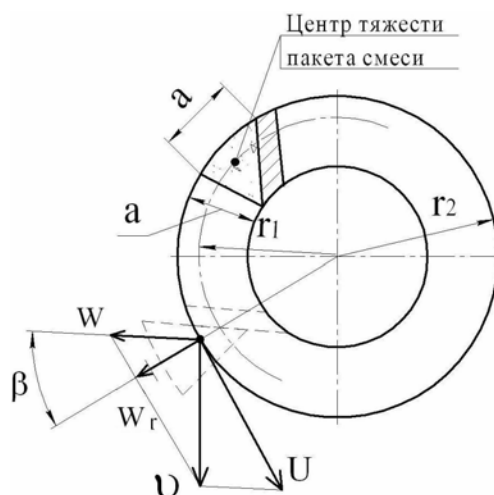


Рис. 30. Схема к расчету основных параметров головки пескомета

Тогда при n оборотов в минуту часовая производительность однолопаточной головки пескомета Π составит

$$\Pi = \frac{a^2 \cdot b}{2} \cdot n \cdot 60, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Отсюда

$$a = \sqrt{\frac{\Pi \cdot 10^9 \cdot 2}{60 \cdot b \cdot n \cdot i}}, \text{ мм},$$

где 10^9 – переводной коэффициент, $\text{мм}^3/\text{м}^3$;

60 – переводной коэффициент, $\text{мин}/\text{ч}$;

b – ширина лопатки, мм (как правило, находится в пределах 63–125 мм);

n – число оборотов ротора пескометной головки (принимается равным числу оборотов двигателя: 750, 1000, 1500 мин^{-1});

i – число лопаток (для головок с производительностью до 15 $\text{м}^3/\text{ч}$ принимают $i = 1$, для головок с большей производительностью – $i = 2$ или $i = 3$).

2. Вычисляем радиус центра тяжести пакета, исходя из геометрических построений:

$$r_1 = r_2 - \frac{a}{3}, \text{ м},$$

где r_2 – диаметр дуги метательной головки, м (принимают из конструктивных соображений в пределах 0,15–0,4 м).

3. Определяем значение абсолютной скорости v выхода пакета из метательной головки:

$$v = \sqrt{W_r^2 + (U - W \cdot \sin \beta)^2}, \text{ м/с},$$

где W_r – радиальная составляющая относительной скорости W , м/с;

U – окружная скорость, м/с;

β – угол наклона лопатки по отношению к радиусу (принимается из интервала 15–20°).

Радиальная составляющая W_r относительной скорости W определяется по формуле

$$W_r = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \sqrt{r_2^2 - r_1^2}, \text{ м/с}.$$

Окружная скорость составляет

$$U = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot r_2, \text{ м/с}.$$

Относительная скорость равна

$$W = \frac{W_r}{\cos \beta}, \text{ м/с}.$$

Необходимая степень уплотнения смеси в форме может быть достигнута при условии получения на выходе скорости пакета $v = 35\text{--}60$ м/с.

4. Рассчитываем скорость транспортной ленты малого рукава, подающей формовочную смесь в головку пескомета:

$$v = \frac{b \cdot n \cdot i}{60 \cdot 10^3}, \text{ м/с}.$$

5. Устанавливаем оптимальный угол между заборной щекой ковша и направлением ее движения (рис. 31):

$$\varphi = \arctg \frac{v_{\text{тр}}}{U}, ^\circ.$$

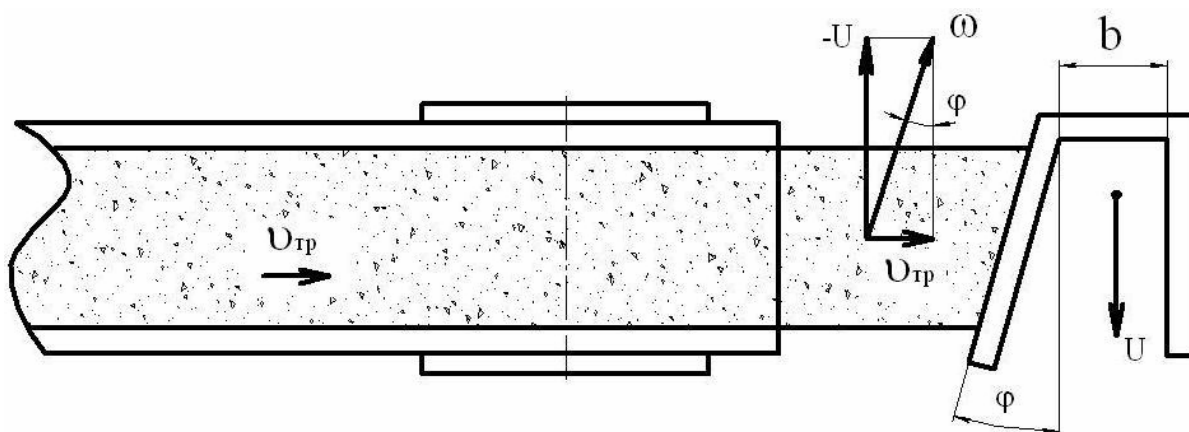


Рис. 31. Схема подачи формовочной смеси на ротор пескомёта

6. Рассчитываем мощность привода метательной головки:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \text{ кВт},$$

где N_1 – мощность, затрачиваемая на уплотнение смеси;
 N_2 – мощность, расходуемая на преодоление сил трения между пакетом смеси и направляющей дугой;
 N_3 – мощность, затрачиваемая на преодоление потерь из-за вентиляционного эффекта ротора (сопротивления воздуха);
 N_4 – мощность, расходуемая на преодоление трения в подшипниках ротора; $N_4 \approx 0,2\text{--}0,3$ кВт.

Находим N_1 :

$$N_1 = \frac{\Pi \cdot v^2 \cdot \delta}{360 \cdot g}, \text{ кВт},$$

где δ – плотность формы, т/м^3 (исходя из практики, при пескометной набивке принимают $\delta = 1,6\text{--}1,7$ т/м^3);
 $g = 9,81$ м/с^2 .

Определяем N_2 :

$$N_2 = \frac{\xi \cdot f \cdot r_2^2 \cdot b \cdot n \cdot i \cdot m}{60 \cdot 1000}, \text{ кВт},$$

где ξ – отношение длины дуги трения пакета к полной длине окружности (для обычной конструкции метательной головки $\xi = 0,25$);
 f – коэффициент трения пакета о направляющую дугу; $f = 0,3$;
 m – параметр, зависящий от окружной скорости перемещения лопатки U и угла протяженности пакета ($90^\circ - \phi_0$), где ϕ_0 – угловая коор-

дината крайней передней точки пакета [13] (для $U = 30\text{--}60$ м/с $m \approx 100\text{--}600$ кН/м²).

Рассчитываем N_3 :

$$N_3 = \frac{\gamma_{\text{в}} \cdot b_1 \cdot (r_2 - r')}{2g} \cdot \left[\frac{\pi \cdot n}{60} \cdot (r_2 - r_1) \right]^3, \text{ кВт},$$

где $\gamma_{\text{в}}$ – удельный вес воздуха при 20 °С; $\gamma_{\text{в}} = 0,012$ кН/м³;

r' , b_1 – ширина и радиус диска, к которому крепится метательный ковш (определяются по чертежу метательной головки; $b_1 \approx b$; $r' = 0,13$ м для $\Pi = 3,0\text{--}6,0$ м³/ч, $r' = 0,19$ м для $\Pi = 12,5$ м³/ч);

$g = 9,81$ м/с².

При приближенном расчете можно принимать $N_3 \approx (0,4\text{--}0,5)$ кВт [1].

24. Пример расчета эксцентриковой выбивной решетки

Задание. Определите основные конструктивные параметры решетки (рис. 32) и расход энергии на выбивку.

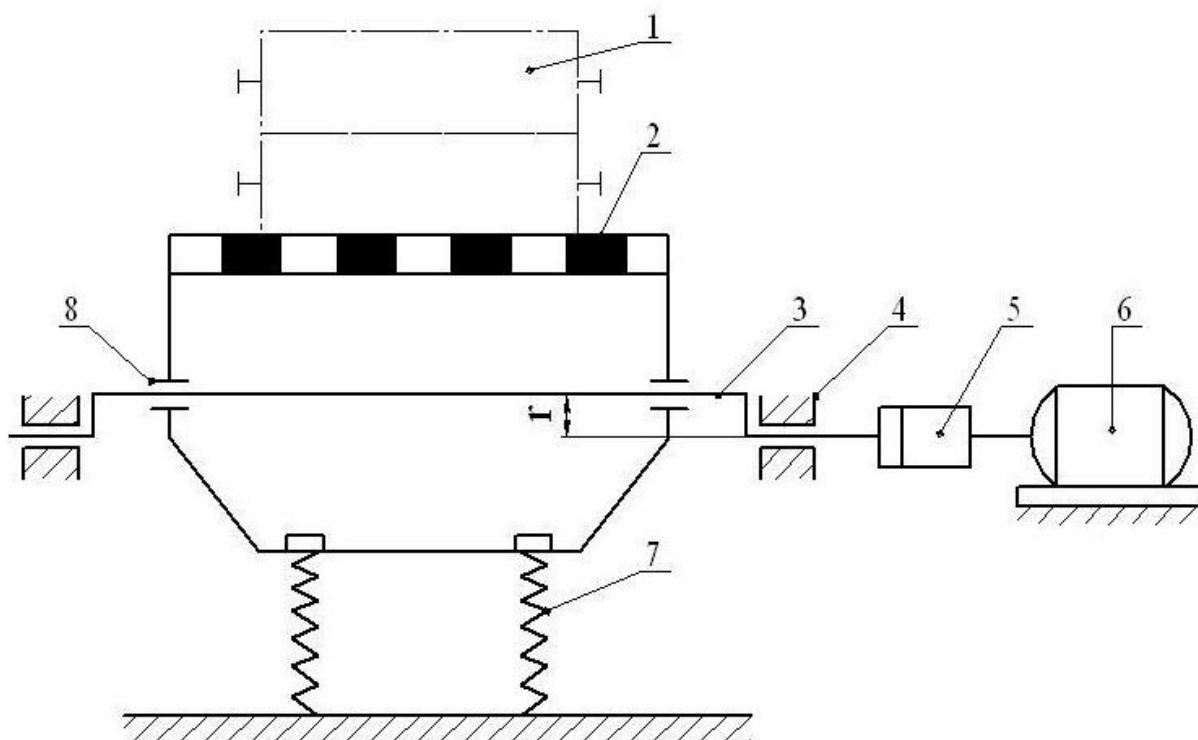


Рис. 32. Схема выбивной эксцентриковой решетки:

1 – форма; 2 – корпус решетки; 3 – эксцентриковый вал; 4 – опоры вала; 5 – муфта;
6 – электродвигатель; 7 – амортизаторы; 8 – опоры вала

Исходные данные. Вес выбиваемой формы $G_{\text{ф}}$, кН.

Порядок расчета:

1. Определяем число оборотов эксцентрикового вала:

$$n_{\text{в}} = \frac{K}{2(1+R)} \cdot \sqrt{\frac{2g}{e_0}}, \text{ с}^{-1},$$

где K – коэффициент, учитывающий соотношение между числом оборотов эксцентрикового вала и числом соударений формы и решетки; $K = 1,0\text{--}2,0$;

R – коэффициент восстановления скорости соударения тел (решетка – форма) после удара; $R = 0,20\text{--}0,25$ для стальных опок, $R = 0,15\text{--}0,20$ для чугунных опок;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

e_0 – удельная энергия удара, необходимая для выбивки форм: сырых – $(15\text{--}25) \cdot 10^{-3}$ Дж/кН, сухих – $(30\text{--}40) \cdot 10^{-3}$ Дж/кН.

2. Рассчитываем величина эксцентриситета вала по формуле

$$r = \frac{\pi \cdot g}{\omega^2 \cdot \cos \varphi} \cdot \frac{1-R}{1+R}, \text{ м},$$

где ω – угловая скорость вала; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_{\text{в}}$, рад/с;

φ – угол поворота эксцентрикового вала (выбирается в зависимости от величины коэффициента R). Устойчивый самоустанавливающийся режим обеспечивается при $\varphi \approx 32^\circ$.

3. Устанавливаем размеры пружин. По табл. 6 выбираем диаметр проволоки и диаметр витка пружины.

Таблица 6

Характеристики некоторых пружин сжатия

Показатель	Значение показателя												
Диаметр проволоки d , мм	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25
Наружный диаметр	25	30	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
витка пружины D , мм	30	40	50	60	70	70	70	80	85	90	95	100	120
	40	50	60	70	80	80	75	90	95	100	105	120	140
	50	60	70	80	90	90	80	100	105	110	115	140	160
	60	70	80	90	100	100	90	120	125	120	125	160	180
	65	80	90	100	110	120	100	140	145	130	135	180	200

Выбранные размеры пружины подвергаются проверочному расчету на сжатие при максимальной нагрузке на пружину:

$$P_{\max} \leq \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\sigma]}{8 \cdot D \cdot K}, \text{ кН},$$

где P_{\max} – максимальная статическая нагрузка на одну пружину, кН;
 d – диаметр проволоки пружины, м;
 D – диаметр витка пружины, м;
 K – коэффициент, учитывающий форму сечения, кривизну витков и неравномерность распределения нагрузки на пружину; $K = 1,2\text{--}1,4$;
 $[\sigma]$ – допускаемое напряжение при пульсирующих нагрузках;
 $[\sigma] \approx (5,0\div 7,0) \cdot 10^5 \text{ кН/м}^2$.

Максимальная статическая нагрузка на одну пружину рассчитывается по формуле

$$P_{\max} = \frac{G_{\text{реш}} + G_{\phi}}{n}, \text{ кН},$$

где n – количество пружин в решетке; $n = 8\text{--}24$ шт.

Если неравенство не выполняется, то необходимо изменить параметры и (или) материал пружин.

5. Определяем мощность привода эксцентриковой решетки:

$$N = \frac{\pi \cdot g \cdot G_{\phi}}{\omega \cdot \eta} \cdot \frac{(1 - R)}{(1 + R)}, \text{ кВт},$$

где $\eta = 0,8\text{--}0,9$ – КПД решетки, учитывающий потери в передаче и рассеивании энергии в амортизаторах.

Для безопочных форм коэффициент восстановления скорости принимается равным нулю. В этом случае мощность привода определяется по формуле

$$N = \frac{\pi \cdot g \cdot G_{\phi}}{\omega \cdot \eta}, \text{ кВт}.$$

25. Пример расчета инерционной выбивной решетки

Задание. Определите число оборотов вала вибратора, вес дебалансных грузов, жесткость и размеры опорных пружин, а также расход мощно-

сти на выбивку. Схема инерционной выбивной решетки представлена на рис. 33.

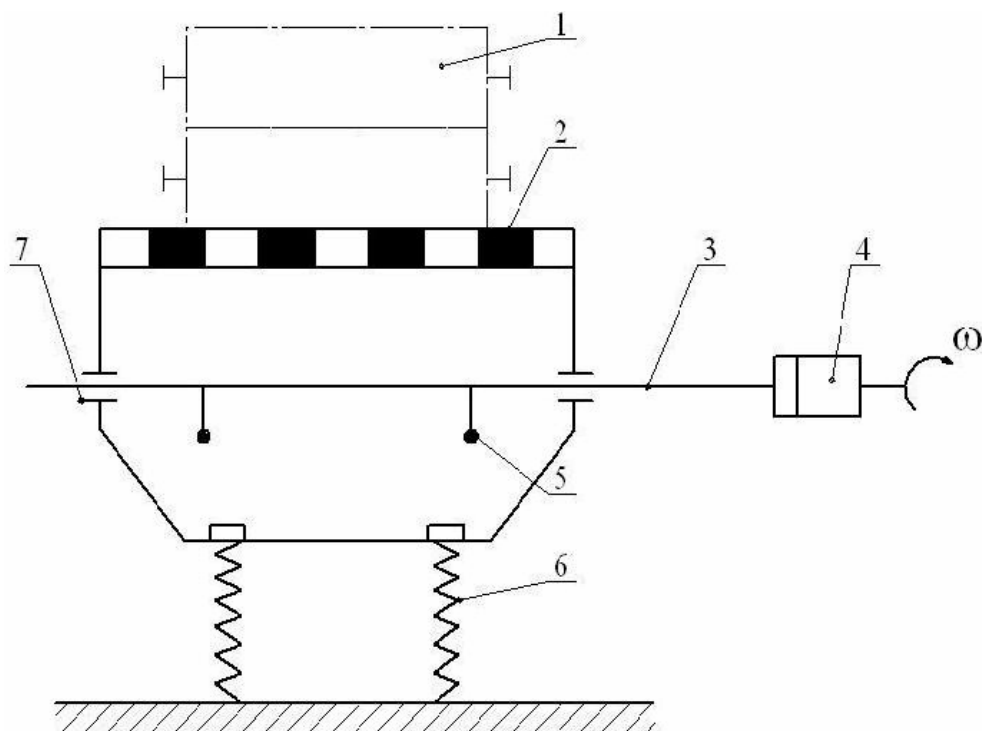


Рис. 33. Схема инерционной выбивной решетки:

1 – форма; 2 – корпус решетки; 3 – приводной вал; 4 – муфта; 5 – дебалансные грузы;
6 – амортизаторы; 7 – опоры вала

Исходные данные. Вес выбиваемой формы G_{ϕ} , кН.

Порядок расчета:

1. Определяем угловую скорость приводного вала:

$$\omega = \frac{1 + \mu}{\mu} \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{1 + R^2}}{1 + R} \cdot \sqrt{\frac{2g}{e_0}}, \text{ рад/с},$$

где R – коэффициент восстановления скорости соударения тел (решетка – форма) после удара; $R = 0,20$ – $0,25$ для стальных опок, $R = 0,15$ – $0,20$ для чугунных опок;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

e_0 – необходимая удельная энергия удара для выбивки форм: сырых – $(15\text{--}25) \cdot 10^{-3}$ Дж/кН, сухих – $(30\text{--}40) \cdot 10^{-3}$ Дж/кН;

$$\mu = \frac{G_{\text{реш}}}{G_{\phi}};$$

$G_{\text{реш}}$ – вес решетки; $G_{\text{реш}} = (0,8 \div 1,0) G_{\phi}$, кН.

2. Находим частоту вращения приводного вала:

$$n_{\text{в}} = \frac{\omega \cdot 30}{\pi}, \text{ мин}^{-1}.$$

3. Рассчитываем скорость транспортирования выбиваемых форм (отливок) по полотну решетки. Она устанавливается с двух-, трехкратным запасом по отношению к скорости основного литейного тележечного конвейера, по которому движутся к месту выбивки залитые формы:

$$v_{\text{отл}} = (2 \div 3) v_{\text{конв}}, \text{ м/мин};$$

$$v_{\text{конв}} = \frac{T \cdot \sum q_{\text{ф.маш}}}{60}, \text{ м/мин},$$

где T – шаг тележек, м;

$\sum q_{\text{ф.маш}}$ – суммарная производительность формовочных машин, обслуживаемых литейным конвейером, форм/ч.

4. Выбираем размеры пружин и проверяем их на прочность.

Диаметр проволоки и диаметр витка пружины выбираются по табл. 7.

Таблица 7

Характеристики некоторых пружин сжатия

Показатель	Значение показателя												
Диаметр проволоки d , мм	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25
Наружный диаметр пружины D , мм	25	30	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
	30	40	50	60	70	70	70	80	85	90	95	100	120
	40	50	60	70	80	80	75	90	95	100	105	120	140
	50	60	70	80	90	90	80	100	105	110	115	140	160
	60	70	80	90	100	100	90	120	125	120	125	160	180
	65	80	90	100	110	120	100	140	145	130	135	180	200

Выбранные размеры пружины подвергаются проверочному расчету на сжатие при максимальной нагрузке на пружину:

$$P_{\text{max}} \leq \frac{\pi \cdot d^3 \cdot [\sigma]}{8 \cdot D \cdot K}, \text{ кН},$$

где P_{max} – максимальная статическая нагрузка на одну пружину, кН;

d – диаметр проволоки пружины, м;

D – диаметр витка пружины, м;

K – коэффициент, учитывающий форму сечения, кривизну витков и неравномерность распределения нагрузки на пружину; $K = 1,2\text{--}1,4$; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение при пульсирующих нагрузках; $[\sigma] = (5\div 7) \times 10^5 \text{ кН/м}^2$.

Максимальная статическая нагрузка на одну пружину рассчитывается по формуле

$$P_{\max} = \frac{G_{\text{реш}} + G_{\Phi}}{n}, \text{ кН},$$

где n – количество пружин в решетке; $n = 8\text{--}24$ шт;

Если неравенство не выполняется, то необходимо изменить параметры и (или) материал пружин.

5. Определяем жесткость одной пружины:

$$C_1 = \frac{E_1 \cdot d^4}{8 \cdot D \cdot i}, \text{ кН/м},$$

где C_1 – жесткость одной пружины, кН/м;

E_1 – модуль сдвига материала пружины; $E_1 \approx 8,0 \cdot 10^7 \text{ кН/м}^2$;

i – число витков пружины, шт.

6. Проводим расчет частоты собственных колебаний решетки:

$$\omega_{\text{реш}} = \sqrt{\frac{C_1}{M_1}}, \text{ рад/с},$$

где M_1 – масса грузов, приходящихся на одну пружину; $M_1 = \frac{G_{\text{реш}} + G_{\Phi}}{n \cdot g}$, т.

7. Находим величину возмущающей силы дебаланса решетки:

$$P_{\text{в}} = (G_{\text{реш}} + G_{\Phi}) \cdot \pi \cdot \frac{1-R}{1+R} \cdot \left(1 - \frac{1}{\lambda^2}\right), \text{ кН},$$

где $\lambda = \frac{\omega}{\omega_{\text{реш}}}$.

8. Определяем эксцентриситет и диаметр дебалансного вала.

Величину эксцентриситета можно найти по формуле

$$r = \frac{D_{\text{в}}}{\lambda}, \text{ м},$$

где r – величина эксцентриситета (расстояние между осью вращения вала и центром тяжести дебаланса), м;

$D_{\text{в}}$ – диаметр вала вибратора (устанавливается по чертежу), м.

Диаметр дебалансных грузов вычисляется из выражения

$$D_d = 2 \left(r + \frac{D_B}{2} \right), \text{ м.}$$

9. Рассчитываем суммарный вес дебалансных грузов:

$$G_r = \frac{P_B \cdot g}{\omega^2 \cdot R_d}, \text{ кН,}$$

где $R_d = \frac{D_d}{2}$ – радиус дебалансных грузов, м.

10. Определяем вертикальную составляющую скорости решетки до удара:

$$v_1 = \frac{1 - R + 2\pi R}{1 + R} \sqrt{\frac{g \cdot e_0}{2}}, \text{ м/с.}$$

11. Проводим расчет величины амплитуды колебаний решетки:

$$A_p = \frac{v_1}{\omega \cdot \sin \varphi}, \text{ м,}$$

где φ – угол фазы соударения; $\varphi = 55\text{--}65^\circ$.

12. Определяем мощность электродвигателя привода:

$$N = \frac{\pi \cdot g \cdot G_\phi \cdot (1 - G) \cdot (1 + \mu)}{\omega \cdot (1 + R) \cdot \mu \cdot \eta}, \text{ кВт,}$$

где $\eta = 0,8\text{--}0,9$ – КПД привода.

26. Пример расчета установки для гидравлической выбивки стержней

Задание. Определите основные параметры гидромонитора (рис. 34), расход воды, производительность установки для выбивки стержней, объем резервуара-отстойника и мощность электродвигателя насосов.

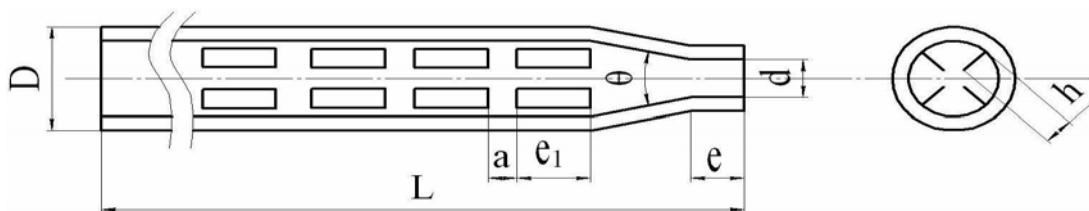


Рис. 34. Схема гидромонитора

Исходные данные. Прочность стержней на сжатие $\sigma_{ст}$, МПа.

Порядок расчета:

1. Определяем силу удара водяной струи, необходимую для разрушения стержня:

$$P = p \cdot F_c, \text{ МН},$$

где p – удельное давление водяной струи на выбиваемый стержень, МПа;
 F_c – площадь сечения сопла гидромонитора, м^2 .

Стержень начинает разрушаться при давлении водяной струи, равном $p \approx (2,0\text{--}10,0)\sigma_{\text{ст}}$, МПа. В мониторах низкого давления создают давление $p = 2,5\text{--}4,0$ МПа, в мониторах высокого давления – $p = 10\text{--}20$ МПа.

Площадь сечения сопла гидромонитора вычисляется по формуле

$$F_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{ м}^2,$$

где d – диаметр сопла монитора, м (для установок низкого давления $d \approx 0,012\text{--}0,027$ м, высокого давления – $d \approx 0,004\text{--}0,008$ м).

2. Рассчитываем величину действительного скоростного напора водяной струи в момент встречи с поверхностью выбиваемого стержня:

$$H_g = \frac{P}{2\gamma_v \cdot F_c \cdot \cos^2 \alpha}, \text{ м вод. ст.},$$

где γ_v – объемный вес воды; $\gamma_v = 10^{-2}$ МН/м³;
 α – угол встречи струи воды с плоскостью стержня; $\alpha = 0\text{--}45^\circ$.

3. Определяем скорость струи на выходе из сопла монитора:

$$v = \sqrt{\frac{H_g \cdot 2g}{K}}, \text{ м/с},$$

где $K \approx 0,5$ – коэффициент, учитывающий потери напора при движении струи воды в воздухе.

4. Находим величину скоростного напора струи воды на выходе из сопла:

$$H_b = \frac{v^2}{2g} + \frac{f \cdot L}{D} \cdot \frac{v_1^2}{2g} + \frac{f \cdot L_1}{D_1} \cdot \frac{v_2^2}{2g}, \text{ м вод. ст.},$$

где f – коэффициент трения о внутреннюю поверхность монитора и трубопровода, отнесенный к единице длины; $f \approx 0,035$;

L – длина монитора; $L \approx 1,0\text{--}4,0$ м;

D – внутренний диаметр монитора; $D \approx 5d$, м;

v_1 – скорость струи воды в мониторе; $v_1 = \frac{v}{5}$, м/с;

L_1 – длина трубопровода, м (устанавливается по чертежу или выбирается конструктивно);

D_1 – внутренний диаметр трубопровода; $D_1 \approx (3,0\text{--}5,0) D$, м;

v_2 – скорость струи воды в трубопроводе; $v_2 = v_1 \cdot \frac{D}{D_1}$, м/с.

5. Устанавливаем размеры элементов ствола гидромонитора.

Длина ребра выпрямителя струи воды $e_1 = (5,0\text{--}6,0) D$, м.

Расстояние между ребрами $a \approx 0,25 e_1$, м.

Высота ребер $h \approx 0,35D$, м.

Длина выходной цилиндрической части сопла $e = (1,0\text{--}1,2) d$, м.

Угол конусности насадка или сопла $\Theta = 10\text{--}13^\circ$.

6. Рассчитываем часовой расход воды в гидромониторе:

$$Q = 3600 \cdot v \cdot F_c, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

7. Устанавливаем производительность гидромонитора:

- в мониторах низкого давления

$$П \approx (0,1\text{--}0,2) Q, \text{ м}^3/\text{ч};$$

- в мониторах высокого давления

$$П \approx (0,3\text{--}0,5) Q, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $П$ – производительность гидромонитор, $\text{м}^3/\text{ч}$.

8. Определяем мощность электродвигателя насоса для воды:

$$N_{\text{дв}} = \frac{K_y \cdot \gamma_v \cdot Q \cdot H_v}{\eta}, \text{ кВт},$$

где K_y – коэффициент запаса мощности; $K_y = 1,1\text{--}1,2$;

γ_v – удельный вес воды; $\gamma_v = 10 \text{ кН/м}^3$;

Q – часовой расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

H_v – высота напора воды, м;

η – КПД насосов; $\eta \approx 0,6\text{--}0,8$.

9. Рассчитываем минимальный объем резервуара отстойника:

$$V_{\min} = \frac{Q \cdot h_0}{0,42 \cdot v_0}, \text{ м}^3,$$

где Q – расход воды, м³/с;

$h_0 = 0,20\text{--}0,25$ м – глубина допустимого слоя осаждения песка, обеспечивающая невозможность попадания его в сливную трубу;

v_0 – скорость осаждения частиц песка, м/с.

Скорость осаждения частиц рассчитывается по формуле Стокса

$$v_0 = \frac{d_{\text{п}}^2 \cdot (\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{в}})}{18\eta_{\text{в}}}, \text{ м/с},$$

где $d_{\text{п}}$ – диаметр взвешенных в воде частиц песка; $d_{\text{п}} = 0,0001\text{--}0,00001$ м;

$\rho_{\text{п}}$ – плотность кремнезема; $\rho_{\text{п}} = 2,62$ т/м³;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды; $\rho_{\text{в}} = 1,0$ т/м³;

$g = 9,8$ м/с²;

$\eta_{\text{в}}$ – вязкость воды (при 20 °С $\eta_{\text{в}} = 10^{-4}$ т/м·с).

27. Пример расчета галтовочного барабана периодического действия

Задание. Определите максимально допустимое число оборотов барабана (рис. 35), производительность барабана и мощность электродвигателя привода.

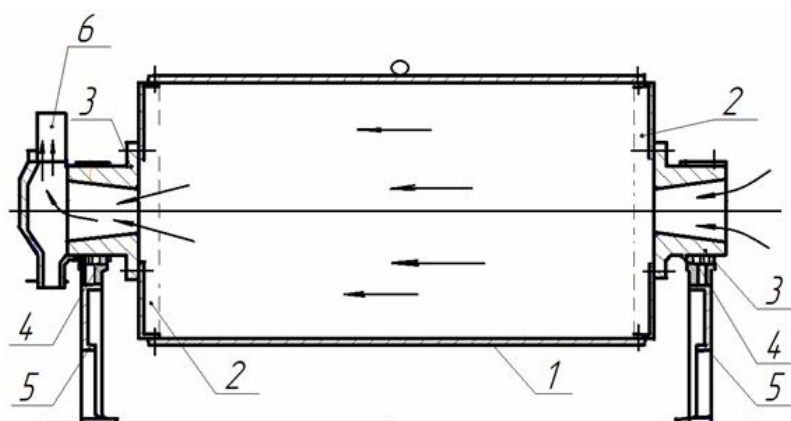


Рис. 35. Схема барабана:

1 – обечайка; 2 – торцы литые; 3 – цапфы; 4 – подшипники; 5 – стойки;
6 – вентиляционная труба

Исходные данные. Средний вес очищаемой отливки G_1 , кН; максимальный размер отливки L_1 , м; диаметр D и длина L цилиндрической части барабана, м; время перемешивания τ , мин; масса одной загрузки Q , т.

Порядок расчета:

1. Определяем максимально допустимое число оборотов барабана.

Для барабанов с $D > 0,7$ м

$$n = \frac{21,2}{\sqrt{R}}, \text{ мин}^{-1},$$

где $R \approx \frac{D - e}{2}$ – радиус окружности, проходящей через центр тяжести отливок на боковой поверхности барабана, м.

Для барабанов с $D < 0,7$ м.

$$n = \frac{23,1}{\sqrt{R}}, \text{ мин}^{-1}.$$

2. Находим окружную скорость барабана:

$$v = \frac{2\pi \cdot R \cdot n}{60}, \text{ м/с}.$$

3. Проводим расчет центробежной силы, действующей на отливку при вращении барабана (рис. 36):

$$P = \frac{G_1 \cdot v^2}{g \cdot R}, \text{ кН}.$$

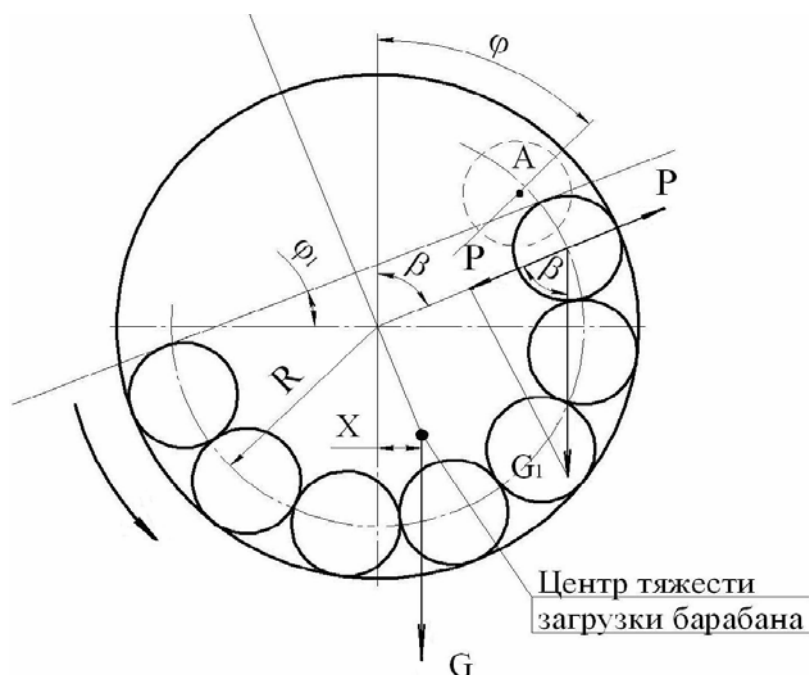


Рис. 36. Схема для расчета параметров барабана

4. Вычисляем угол β , определяющий точку отрыва отливки от внутренней стенки барабана при вращении:

$$P = G_1 \cdot \cos \beta, \text{ кН};$$

$$\beta = \arccos \frac{P}{G_1}, ^\circ.$$

5. Находим угол трения из выражения

$$K = \operatorname{tg} \rho,$$

где K – коэффициент трения отливок о стенку барабана; $K \approx 0,3$.

Получаем $\rho = \operatorname{arctg} K$.

6. Определяем угол между радиусом, проходящим через точку отрыва A , и вертикальной осью:

$$\varphi = \beta - \rho, ^\circ.$$

7. Рассчитываем высоту подъема отливки перед падением:

$$H = R + \cos \varphi, \text{ м.}$$

8. Определяем производительность барабана:

$$q = \frac{Q}{\tau}, \text{ т/ч},$$

где τ – продолжительность рабочего цикла, ч.

9. Вычисляем крутящий момент, создаваемый загрузкой, относительно оси вращения:

$$M_{\text{кр}} = x \cdot Q, \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где x – смещение центра тяжести загрузки барабана при его вращении, м (см. рис. 36);

Q – масса одной загрузки, кН.

Поскольку $x = (1 - K) \cdot D \cdot 0,424 \cdot \sin \varphi_1$, м [11],

$$M_{\text{кр}} = (1 - K) \cdot D \cdot 0,424 \cdot \sin \varphi_1 \cdot Q, \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где K – коэффициент загрузки; $K = 0,7 \div 0,8$;

$\varphi_1 = 40^\circ$ – угол расположения свободной поверхности загрузки относительно горизонтальной плоскости.

10. Находим угловую скорость вращения барабана:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}, \text{ рад/с.}$$

11. Определяем мощность электродвигателя привода барабана:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot \omega}{\eta}, \text{ кВт,}$$

где $\eta = 0,6-0,8$ – КПД привода двигателя.

28. Пример расчета галтовочного барабана непрерывного действия

Задание. Определите продолжительность очистки, производительность барабана (см. рис. 5.12) и мощность электродвигателя привода.

Исходные данные. Средний вес очищаемой отливки G_1 , кН; максимальный размер отливки L_1 , м; диаметр D и длина L цилиндрической части барабана, м; число оборотов барабана n , мин⁻¹.

Порядок расчета:

1. Определяем окружную скорость барабана:

$$v = \frac{2\pi \cdot R \cdot n}{60}, \text{ м/с.}$$

2. Проводим расчет центробежной силы, действующей на отливку при вращении барабана (см. рис. 36):

$$P = \frac{G_1 \cdot v^2}{g \cdot R}, \text{ кН.}$$

3. Вычисляем угол β , определяющий точку отрыва отливки от внутренней стенки барабана при вращении:

$$P = G_1 \cdot \cos \beta, \text{ кН;}$$

$$\beta = \arccos \frac{P}{G_1}, ^\circ.$$

4. Определяем угол трения из выражения

$$K = \operatorname{tg} \rho,$$

где K – коэффициент трения отливок о стенку барабана; $K \approx 0,3$;

$\rho = \operatorname{arctg} K$.

5. Находим угол между радиусом, проходящим через точку отрыва A , и вертикальной осью:

$$\varphi = \beta - \rho, ^\circ.$$

6. Рассчитываем высоту подъема отливки перед падением:

$$H = R + R \cos \varphi, \text{ м.}$$

7. Вычисляем начальную скорость отливки в осевом направлении:

$$v_0 = v \cdot \sin \alpha, \text{ м/с.}$$

8. Определяем продольное перемещение отливки за один оборот барабана:

$$S_1 = n_1 \left(H \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{1}{n_1} \sqrt{\frac{2v_0^2 \cdot H}{g}} \right), \text{ м,}$$

где n_1 – число подъемов и падений отливки за один оборот барабана;

$n_1 \approx 1,4\text{--}1,8$;

α – угол наклона барабана; $\alpha = 2\text{--}5^\circ$.

9. Рассчитываем время нахождения отливки в барабане:

$$t = \frac{L}{S_1 \cdot n}, \text{ мин.}$$

10. Определяем производительность (пропускную способность) барабана:

$$q = \frac{L \cdot M_1}{t \cdot L_1}, \text{ т/ч,}$$

где M_1 – средняя масса отливки; $M_1 = \frac{G_1}{g}$, т;

t – продолжительность рабочего цикла, ч.

11. Вычисляем крутящий момент, создаваемый загрузкой, относительно оси вращения:

$$M_{\text{кр}} = x \cdot Q, \text{ кН} \cdot \text{м,}$$

где x – смещение центра тяжести загрузки барабана при его вращении, м (см. рис. 36);

Q – масса одной загрузки барабана; $Q = \frac{G_1 \cdot L}{L_1}$, кН.

Поскольку $x = (1 - K) \cdot D \cdot 0,424 \cdot \sin \varphi_1$, м [11],

$$M_{\text{кр}} = (1 - K) \cdot D \cdot 0,424 \cdot \sin \varphi_1 \cdot Q = (1 - K) \cdot D \cdot 0,424 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \frac{G_1 \cdot L}{L_1}, \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где K – коэффициент загрузки; $K = 0,7-0,8$;

$\varphi_1 = 40^\circ$ – угол расположения свободной поверхности загрузки относительно горизонтальной плоскости.

12. Рассчитываем угловую скорость вращения барабана:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}, \text{ рад/с}.$$

13. Определяем мощность электродвигателя привода барабана:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot \omega}{\eta}, \text{ кВт},$$

где $\eta = 0,6-0,8$ – КПД привода двигателя.

29. Пример расчета дробемерного аппарата

Задание. Определите основные конструктивные параметры дробемерного колеса (рис. 37), траекторию полета и место встречи дробилки с лопаткой рабочего колеса, мощность электродвигателя привода.

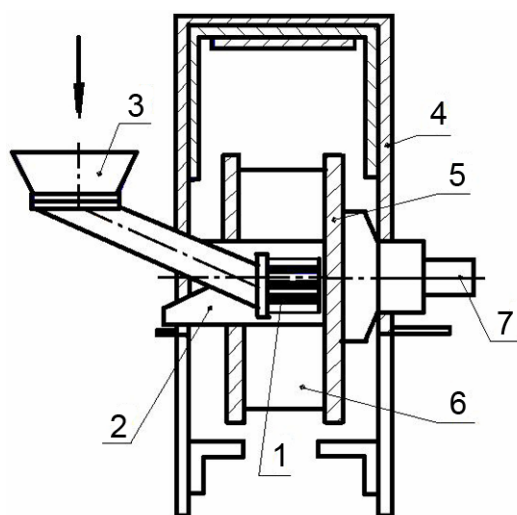


Рис. 37. Схема дробемерного аппарата:

1 – импеллер; 2 – подвижная направляющая коробочка; 3 – загрузочное устройство;
4 – корпус; 5 – диски рабочего колеса; 6 – лопатки; 7 – вал привода рабочего
и распределительного колеса (импеллера)

Исходные данные. Производительность аппарата по дроби Π , кг/мин;
 скорость выброса дробы из аппарата v , м/с.

Порядок расчета:

1. Определяем расчетную скорость вращения ротора и рабочего колеса:

$$n_p = \frac{30 \cdot v}{\pi \cdot R \cdot \sqrt{2(1-f+f^2)}}, \text{ мин}^{-1},$$

где R – конструктивный радиус дробеметного колеса, м (устанавливается по чертежу);

f – коэффициент трения дробы о лопажки (для круглой дробы $f \approx 0,12-0,16$; для колотой – $f \approx 0,25-0,30$).

2. Находим диаметр отверстия для дробы в днище бункера:

$$D = 0,168 \left(\frac{\Pi}{\gamma} \right)^{0,4}, \text{ м},$$

где γ – насыпная плотность дробы; $\gamma \approx 2500 \text{ кг/м}^3$.

3. Рассчитываем диаметр проходного сечения питающего патрубка:

$$d_n = 10^{-2} \sqrt{\frac{0,08 \cdot \Pi \cdot n_0}{n_p} + 17}, \text{ м},$$

где n_0 – базовая скорость вращения ротора (колеса), мин^{-1} (n_0 принимается равным 2250 или 2450 мин^{-1}).

4. Определяем внутренний радиус импеллера (рис. 38):

$$\rho_1 = \frac{d_n}{2}, \text{ м}.$$

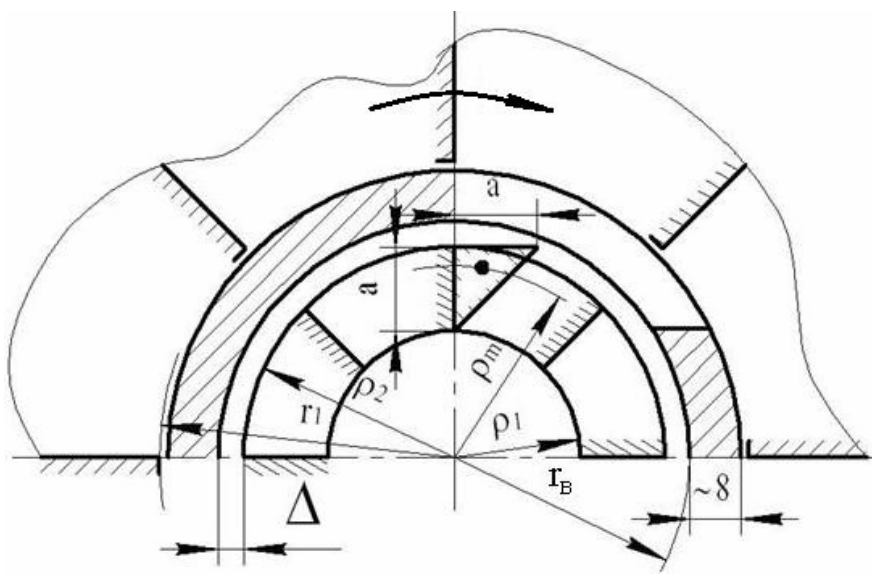


Рис. 38. К расчету размеров пакета дробы

5. Находим наружный радиус импеллера:

$$\rho_2 = \rho_1 + \delta_{\text{л}} = \frac{d_{\text{п}}}{2} + \delta_{\text{л}}, \text{ м},$$

где $\delta_{\text{л}}$ – высота лопатки импеллера, м; $\delta_{\text{л}} \approx 0,015$ м.

6. Определяем внутренний радиус распределительной втулки:

$$r_{\text{в}} = \rho_2 + \Delta, \text{ м},$$

где Δ – радиальный зазор между импеллером и втулкой, м.

Радиальный зазор можно вычислить по формуле

$$\Delta \approx (3,0-4,0) A, \text{ м},$$

где A – средний размер используемой дроби; $A = 0,0008-0,0025$ м.

7. Ширину окна распределительной втулки импеллера устанавливаем равной ширине лопатки импеллера $b = 0,05-0,06$ м.

8. Определяем усредненные размеры пакетов дроби, выбрасываемой лопатками импеллера:

$$a = \sqrt{\frac{2\Pi}{b \cdot i \cdot n_{\text{п}} \cdot \gamma}}, \text{ м},$$

где b – ширина лопатки импеллера, м;

$i = 8$ – количество лопаток импеллера.

9. Находим радиус центра тяжести пакета дроби:

$$\rho_{\text{т}} \approx \rho_2 - \frac{a}{3}, \text{ м}.$$

10. Проводим расчет окружной составляющей скорости схода дробинок с лопатки импеллера:

$$U_0 = \frac{\pi \cdot n_{\text{п}} \cdot \rho_2}{30}, \text{ м/с}.$$

11. Определяем радиальную составляющую скорости схода дробинок с лопатки импеллера:

$$W_0 = \frac{\pi \cdot n_{\text{п}}}{30} \sqrt{\rho_2^2 - \rho_{\text{т}}^2}, \text{ м/с}.$$

12. Рассчитываем абсолютную скорость выхода дробинки с лопатки импеллера:

$$v_0 = \sqrt{W_0^2 + U_0^2}, \text{ м/с.}$$

13. Вычисляем параметры, определяющие координату места встречи дробинки с лопаткой рабочего колеса.

Положение дробинки в пространстве после схода с лопатки импеллера в момент времени t может быть определено в полярных координатах:

1) Текущим значением радиуса ρ_x (рис. 39):

$$\rho_x = \sqrt{(U_0 \cdot t)^2 + (\rho_2 + W_0 \cdot t)^2}, \text{ мм,}$$

где U_0 – окружная составляющая скорости схода дробинки с лопатки импеллера, мм/с;

W_0 – радиальная составляющая скорости схода дробинки с лопатки импеллера, мм/с;

t – время поворота лопатки рабочего колеса на угол φ_x , с.

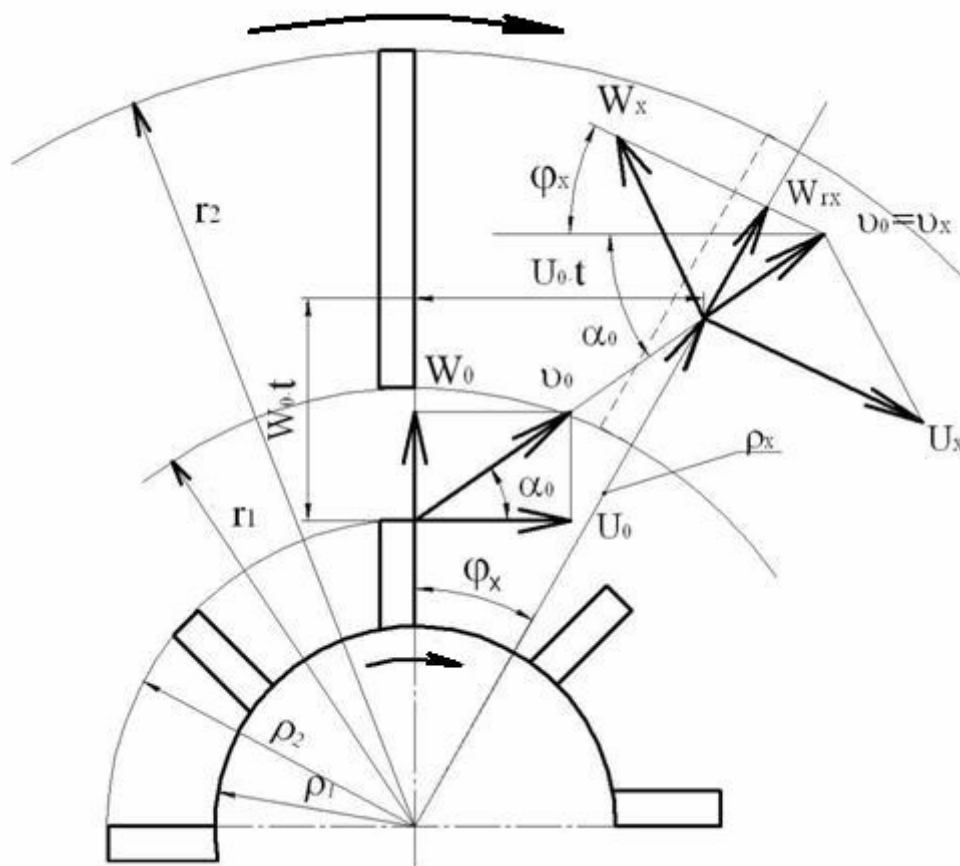


Рис. 39. Схема к расчету радиуса окружности, на котором дробинка встречается с лопаткой рабочего колеса, и к расчету W_{rx}

2) Углом поворота дробинки φ_x относительно центра вращения:

$$\varphi_x = \arctg\left(\frac{U_0 \cdot t}{\rho_2 + W_0 \cdot t}\right), ^\circ.$$

За время t лопатка рабочего колеса повернется на угол

$$\varphi'_x = 57,3 \cdot \omega \cdot t, ^\circ.$$

Вычисления производятся для различных промежутков времени и за-
носятся в табл. 8.

Таблица 8

Результаты расчета параметров места встречи дробинки
с лопаткой рабочего колеса

Параметр	Время, с						
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	...
$U_0 \cdot t$, мм							
$\rho_2 + W_0 \cdot t$, мм							
ρ_x , мм							
φ_x , °							
φ'_x , °							

Затем путем графического построения в масштабе траектории дробинки и положения в различные моменты времени лопатки рабочего колеса с параметрами r_1 и r_2 (внутренний и наружный радиусы установки лопаток, которые можно найти по чертежу дробемерного аппарата или выбрать конструктивно) определяется место встречи дробинки и лопатки ($\varphi_x = \varphi'_x$) с учетом того, что установка лопаток колеса и импеллера осуществляется на одной оси.

Следует иметь в виду, что при относительно большой разнице в размерах между r_1 и r_2 встреча дробинки может произойти не с первой, а со второй лопаткой рабочего колеса.

14. Определяем окружную составляющую скорости выхода дробинки с лопатки рабочего колеса:

$$U = \omega \cdot r_2, \text{ м/с},$$

где $\omega = \frac{\pi \cdot n_p}{30}$ – угловая скорость, рад/с;

r_2 – радиус рабочего колеса, м.

15. Рассчитываем радиальную составляющую скорости выхода дробы с лопатки рабочего колеса:

$$W = \sqrt{\omega^2 \cdot (r_2^2 - \rho_x^2) + W_{rx}^2}, \text{ м/с},$$

где W_{rx} — начальная радиальная составляющая скорости выхода дробы с лопатки рабочего колеса (радиальная в направлении ρ_x составляющая скорости схода дробинки с импеллера), м/с (см. рис. 39).

Находим W_{rx} :

$$W_{rx} = v_0 \cdot \sin(\varphi_x + \alpha_0), \text{ м/с},$$

где $\alpha_0 = \arctg \frac{W_0}{U_0}, ^\circ$.

16. Определяем расчетную абсолютную скорость выхода дробы с лопатки рабочего колеса:

$$v_p = \sqrt{W^2 + U^2}, \text{ м/с}.$$

17. Проводим расчет мощности электродвигателя привода дробевого аппарата:

$$N_p = \left[\frac{1,3\Pi \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{60} + 0,1 \right] \cdot \omega^2 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}.$$

Варианты индивидуальных заданий, справочные данные

Таблица 1

Варианты индивидуальных заданий
для расчета щековой дробилки

Номер варианта	Длина пасти дробилки (ширина дробилки b), мм	Диаметр куска материала, загружаемого в дробилку, D , мм	Ширина разгрузочной щели дробилки d , м	Ход подвижной щеки дробилки S , м	Угол захвата дробилки α_0	Дробимый материал	Прочность $\sigma \cdot 10^5$ Па, кг/см ²	Модуль упругости ($E \cdot 10^{-4}$ МПа) E , кг/см ²	Насыпная масса материала, кг/м ³ $\cdot 10^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	400	210	40	68	17	Известняк	1030	1,3	2,6
2	750	210	40	68	15	Гипс	1080	0,5	2,2
3	1050	210	40	68	19	Глина	1050	0,03	1,6
4	600	350	60	102	18	Кварцит	3050	7,5	2,65
5	900	425	75	127	20	Доломит	1620	2,1	2,8
6	1060	630	105	178	18	Мрамор	1650	3,9	2,68
7	1200	750	110	187	21	Гранит	2592	6,0	2,55
8	1500	1000	130	270	20	Магнезит	1750	4,2	2,9
9	2100	1300	180	306	22	Графит	1940	2,9	2,1
10	400	210	40	68	17	Известняк	1300	1,3	2,75
11	750	210	40	68	15	Гипс	1080	0,5	2,4
12	1050	210	40	68	19	Глина	1050	0,03	1,2
13	600	350	60	102	18	Кварцит	3050	7,5	2,65
14	900	425	75	127	20	Доломит	1620	2,1	1,8
15	1060	630	105	178	18	Мрамор	1650	4,9	2,72
16	1200	750	110	187	21	Гранит	2592	6,0	2,67
17	1500	1000	130	270	20	Магнезит	1750	4,2	3,1
18	2100	1300	180	306	22	Графит	1940	2,9	2,25

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	750	210	40	68	16	Известняк	1640	1,3	2,70
20	600	350	60	102	17	Мрамор	1650	4,9	2,70
21	900	425	75	127	19	Доломит	1620	2,1	3,15
22	1200	750	110	187	20	Магнезит	1750	4,2	3,0

Таблица 2

Варианты индивидуальных заданий
для расчета валковой дробилки

Но- мер вари- анта	Диаметр валков D , мм	Длина валков L , мм	Расстоя- ние меж- ду валка- ми e , мм	Прочность σ , кг/см ²	Модуль упруго- сти E , кг/см ²	Удель- ный вес, кг/м ³
1	600	550	40	Известняк	1030	1,3
2	1000	980	120	Гипс	1080	0,5
3	980	700	95	Глина	1050	0,03
4	900	700	55	Кварцит	3050	7,5
5	500	450	35	Доломит	1620	2,1
6	850	600	85	Мрамор	1650	3,9
7	950	650	85	Гранит	2592	6,0
8	800	650	70	Магнезит	1750	4,2
9	650	480	65	Графит	1940	2,9
10	730	580	50	Известняк	1300	1,3
11	820	670	72	Гипс	1080	0,5
12	580	480	50	Глина	1050	0,03
13	900	780	85	Кварцит	3050	7,5
14	880	800	60	Доломит	1620	2,1
15	730	634	65	Мрамор	1650	4,9
16	620	510	55	Гранит	2592	6,0
17	850	600	80	Магнезит	1750	4,2
18	950	650	85	Графит	1940	2,9
19	800	650	80	Известняк	1640	1,3
20	650	480	65	Мрамор	1650	4,9
21	730	580	70	Доломит	1620	2,1
22	820	670	75	Магнезит	1750	4,2

Таблица 3

Варианты индивидуальных заданий к расчету литейных бегунов
с вертикально вращающимися катками

Но- мер вари- анта	Основные параметры бегунов и смесей				
	Производи- тельность смесителя по готовой смеси, м ³ /ч	Продолжи- тельность цикла, мин	Количество чаш	Объем за- меса в од- ной чаше смесителя непрерыв- ного дей- ствия, м ³	Прочность смеси во влажном состоянии, МПа
1	2	3	4	5	6
1	10	1,5	1	—	0,031
2	20	—	2	0,25	0,032
3	16	1,5	1	—	0,033
4	32	—	2	0,4	0,034
5	40	1,5	1	—	0,035
6	80	—	2	1	0,036
7	50	1,5	1	—	0,037
8	100	—	2	1,25	0,038
9	65	1,5	1	—	0,039
10	130	—	2	1,6	0,040
11	80	1,5	1	—	0,041
12	160	—	2	2	0,042
13	128	1,5	1	—	0,043
14	256	—	2	3,2	0,044
15	148	1,5	1	—	0,045
16	296	—	2	3,7	0,046
17	0,15	2	1	—	0,047
18	7,5	2	1	—	0,048
19	15	—	2	0,25	0,049
20	12	2	1	—	0,050
21	24	—	2	0,4	0,051
22	30	2	1	—	0,052
23	60	—	2	1	0,053
24	38	2	1	—	0,054
25	76	—	2	1,25	0,055
26	48	2	1	—	0,056
27	96	—	2	1,6	0,057
28	60	2	1	—	0,058

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
29	120	—	2	2	0,059
30	96	2	1	—	0,060
31	192	—	2	3,2	0,061
32	111	2	1	—	0,062
33	222	—	2	3,7	0,063
34	1,06	3	1	—	0,064
35	5	3	1	—	0,065
36	10	—	2	0,25	0,066
37	8	3	1	—	0,067
38	16	—	2	0,4	0,068
39	20	3	1	—	0,069
40	40	—	2	1	0,070
41	25	3	1	—	0,071
42	50	—	2	1,25	0,072
43	32	3	1	—	0,073
44	64	—	2	1,6	0,074
45	40	3	1	—	0,075
46	80	—	2	2	0,076
47	64	3	1	—	0,077
48	128	—	2	3,2	0,078
49	74	3	1	—	0,079
50	148	—	2	3,7	0,080
51	0,4	4	1	—	0,081
52	3,5	4	1	—	0,082
53	7	—	2	0,25	0,083
54	12	4	2	0,4	0,084
55	15	—	1	—	0,085
56	30	4	2	1	0,086
57	19	—	1	—	0,087
58	38	4	2	1,25	0,088
59	24	—	1	—	0,089
60	48	4	2	1,6	0,090
61	30	—	1	—	0,091
62	60	4	2	2	0,092
63	48	—	1	—	0,093
64	96	4	2	3,2	0,094
65	55,5	—	1	—	0,095
66	111	4	2	3,7	0,096
67	3	5	1	—	0,097

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
68	4,8	5	1	—	0,098
69	12	5	1	—	0,099
70	15	5	1	—	0,100
71	19,2	5	1	—	0,101
72	24	5	1	—	0,102
73	38,4	5	1	—	0,103
74	44,4	5	1	—	0,104
75	1,5	10	1	—	0,105
76	2,4	10	1	—	0,106
77	6	10	1	—	0,107
78	7,5	10	1	—	0,108
79	9,6	10	1	-	0,109
80	12	10	1	—	0,110
81	19,2	10	1	—	0,111

Таблица 4

Технические характеристики некоторых промышленных
литейных смесителей периодического действия
с вертикально вращающимися катками

Пара- метр	Модель								
	1A11M	15101	15104	114M	15107	15108	1A11	1A12	114
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем замеса, м ³	0,25	0,3	1,0	1,25	2,0	3,7	0,25	0,6	1,0
Внутрен- ний диа- метр чаши, мм	1500	1400	2016	2800	2540	3024	1600	2400	2800
Высота чаши, мм	600	—	980	1200	1220	1066	350	400	800
Диаметр катка, мм	550	510	815	900	1015	1220	700	900	900
Ширина катка, мм	200	190	305	350	380	356	200	250	400
Масса катка, кг	—	—	—	—	—	—	200	420	1250

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число катков	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Число отвалов	—	—	—	—	—	—	2	3	3
Частота вращения вертикального вала, мин ⁻¹	48	48	34	18	32,8	26	28	28	18
Усилие давления катка, кН	0,6–1,55	1,8	0–5,4	—	6–12	0–16	2–6	4,2–10	12,5
Удельное давление катка, МПа	—	—	—	3,12	—	—	—	—	—
Характеристика трансмиссии (элементы кинематики)	Шестерня коническая ведущая: $Z_1 = 11$ Шестерня коническая ведомая: $Z_2 = 25$ Шестерня: $Z_3 = 14$ Колесо зубчатое: $Z_4 = 46$ Шестерня: $Z_5 = 24$	Шестерня коническая ведущая: $Z_1 = 11$ Шестерня коническая ведомая: $Z_2 = 25$ Шестерня: $Z_3 = 14$ Колесо зубчатое: $Z_4 = 46$ Шестерня: $Z_5 = 24$	Шкив ведущий: $\varnothing_1 = 270\text{ мм}$ Шкив ведомый: $\varnothing_2 = 570\text{ мм}$ Вал-шестерня: $Z_1 = 10$ Колесо коническое: $Z_2 = 45$ Колесо: $Z_3 = 69$ Вал-шестерня:	Шкив ведущий: $\varnothing_1 = 224\text{ мм}$ Шкив ведомый: $\varnothing_2 = 608\text{ мм}$ Шестерня: $Z_1 = 15$ Шестерня коническая: $Z_2 = 49$ Шестерня: $Z_3 = 18$ Колесо зубчатое:	Ременная и зубчатая передача Колесо: $Z_1 = 121$ Вал-шестерня: $Z_2 = 21$ Колесо коническое: $Z_3 = 63$ Вал-шестерня: $Z_4 = 12$	Шкив ведущий: $\varnothing_1 = 500\text{ мм}$ Шкив ведомый: $\varnothing_2 = 750\text{ мм}$ Редуктор: $i = 25,17$ Шестерня: $Z_1 = 15$ Венец зубчатый: $Z_2 = 62$ Вал-шестерня: $Z_3 = 22$	Редуктор трехступенчатый коническо-цилиндрический	Редуктор трехступенчатый коническо-цилиндрический	Шкив ведущий: $\varnothing_1 = 224\text{ мм}$ Шкив ведомый: $\varnothing_2 = 608\text{ мм}$ Шестерня: $Z_1 = 15$ Шестерня коническая: $Z_2 = 49$ Шестерня: $Z_3 = 18$ Колесо зубчатое:

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Колесо зубча- тое: $Z_6 = 46$	Колесо зубча- тое: $Z_6 = 46$	$Z_4 = 16$	$Z_4 = 81$ Червяк двух- заход- ный: $t = 3$ мм Колесо червяч- ное: $Z = 56$ Шес- терня: $Z_5 = 16$ Колесо зубча- тое: $Z_6 = 45$ Шес- терня: $Z_7 = 19$ Колесо зубча- тое: $Z_8 = 102$		Колес- со: $Z_4 = 144$			$Z_4 = 81$ Червяк двух- заход- ный: $t = 3$ мм Колесо червяч- ное: $Z = 56$ Шес- терня: $Z_5 = 16$ Колесо зубча- тое: $Z_6 = 45$ Шес- терня: $Z_7 = 19$ Колесо зубча- тое: $Z_8 = 102$
Мощность привода электро- двигателя, кВт	11	15	—	40	—	—	10	28	40
Частота вращения вала двига- теля, мин ⁻¹	1500	1500	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 5

Технические характеристики некоторых промышленных
сдвоенных литейных смесителей непрерывного действия
с вертикально вращающимися катками

Параметр	Модель		
	15204	15207	15208
Объем замеса, м ³	—	—	—
Внутренний диаметр чаши, мм	2016	—	3024
Высота чаши, мм	983	—	1404
Диаметр катка, мм	815	—	1220
Ширина катка, мм	305	—	356
Масса катка, кг	—	—	1600
Число катков	4	—	4
Число отвалов	—	—	—
Частота вращения вертикального вала, мин ⁻¹	38,6	—	33,7
Усилие давления катка, кН	—	—	—
Удельное давление катка, МПа	—	—	—
Характеристика трансмиссии	—	—	—
Мощность привода электродвигателя, кВт	75	160	400
Частота вращения вала двигателя, мин ⁻¹	—	—	—

Таблица 6

Варианты индивидуальных заданий
к расчету центробежных смешивающих бегунов

Номер вари- анта	Основные параметры бегунов и смесей				
	Производитель- ность смесите- ля по готовой смеси, м ³ /ч	Продолжитель- ность цикла, мин	Количе- ство чаш	Объем за- меса в од- ной чаше смесителя непрерыв- ного дей- ствия, м ³	Проч- ность смеси во влаж- ном со- сто- янии, МПа
1	2	3	4	5	6
1	2	1,5	1	—	0,030
2	4	1,5	1	—	0,033

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6
3	10	–	2	0,1	0,036
4	25	1,5	1	–	0,040
5	62	–	2	0,63	0,043
6	40	1,5	1	–	0,046
7	100	–	2	1	0,049
8	64	1,5	1	–	0,520
9	160	–	2	1,6	0,560
10	3	2,0	1	–	0,590
11	7,5	–	2	0,1	0,620
12	19	2,0	1	–	0,660
13	50	–	2	0,63	0,680
14	30	2,0	1	–	0,720
15	75	–	2	1	0,750
16	48	2,0	1	–	0,780
17	122,7	–	2	1,6	0,081
18	2	3,0	1	–	0,084
19	5	–	2	0,1	0,088
20	12	3,0	1	–	0,090
21	30	–	2	0,63	0,094
22	20	3,0	1	–	0,097
23	50	–	2	1	0,100
24	32	3,0	1	–	0,104
25	80	–	2	1,6	0,107

Таблица 7

Варианты индивидуальных заданий
к расчету лопастного смесителя

Номер вари- анта	Производительность двухвалкового сме- сителя, м ³ /ч		Продолжительность составля- ющих цикла работы смесителя, мин			Проч- ность смеси во влажном состоя- нии, МПа
	периоди- ческого действия	непре- рывного действия	Загрузка	Переме- шивание	Выгрузка	
1	2	3	4	5	6	7
1	5	–	0,1	1	0,1	0,020
2	–	10	–	1	–	0,020
3	30	–	0,2	1	0,2	0,021

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7
4	—	40	—	1	—	0,021
5	60	—	0,3	1	0,3	0,022
6	—	80	—	1	—	0,022
7	90	—	0,4	1	0,4	0,023
8	—	100	—	1	—	0,023
9	120	—	0,5	1	0,5	0,024
10	—	130	—	2	—	0,024
11	150	—	0,2	2	0,4	0,025
12	—	170	—	2	—	0,025
13	180	—	0,4	2	0,8	0,026
14	—	200	—	2	—	0,026
15	210	—	0,6	2	1,2	0,027
16	—	230	—	2	—	0,027
17	240	—	0,8	2	1,6	0,028
18	—	250	—	3	—	0,028
19	270	—	0,5	3	1	0,029
20	—	290	—	3	—	0,029
21	300	—	0,5	3	0,6	0,030
22	—	310	—	3	—	0,030
23	330	—	1,0	3	1,2	0,031
24	—	350	—	3	—	0,032
25	360	—	1,5	3	1,8	0,033

Таблица 8

Варианты индивидуальных заданий для расчета
пневмотранспортной установки для перемещения сухого песка

Номер вари- анта	Производи- тельность установки по сухому материалу Q_M , т/ч	Расчетный диаметр час- тицы d_r , м	Протяжен- ность гори- зонтального участка трас- сы $l_{гор}$, м	Протяжен- ность вер- тикального участка $l_{верт}$, м	Общее ко- личество поворотов ($\alpha = 90^\circ$) n
1	2	3	4	5	6
1	8	0,002	30	10	3
2	6	0,0016	28	8	4
3	7	0,001	30	8	3
4	6,5	0,002	20	12	2

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6
5	5	0,0016	20	5	4
6	7	0,0016	32	8	3
7	8	0,001	25	10	2
8	6	0,002	20	9	2
9	7	0,0016	32	8	2
10	6,5	0,001	25	6	3
11	5	0,0016	20	7	3
12	7	0,0012	28	8	3
13	8,5	0,002	30	10	2
14	6	0,001	26	9	2
15	7	0,0016	25	7	2
16	9	0,002	30	7	2
17	5,5	0,002	20	6	3
18	7	0,001	25	10	3
19	9,5	0,0016	35	10	3
20	6	0,0016	25	6	2
21	8	0,002	30	10	3
22	5	0,0012	25	9	2

Таблица 9

Варианты индивидуальных заданий к расчету пневматической прессовой
формовочной машины

Номер вари- анта	Параметры опок, мм			Материал			Требу- емая степень уплот- нения формо- вочной смеси δ , т/м ³	Началь- ная сте- пень уплот- нения формо- вочной смеси δ_0 , т/м ³	Избы- точное давле- ние сжа- того воздуха p_0 , кПа
	A_0	B_0	H_0	опок	модельных плит	модели			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	350	250	75	Сплав Mg	Сталь	Сталь	1,79	1,39	400
2	400	300	100	То же	То же	То же	1,78	1,38	410
3	500	400	125	»	»	»	1,77	1,37	420

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	300	300	150	Сплав Al	Сталь	Сталь	1,76	1,36	430
5	450	350	200	То же	То же	То же	1,75	1,35	440
6	500	400	100	»	»	»	1,74	1,34	450
7	400	300	125	Сталь ные литые	»	»	1,73	1,33	460
8	500	400	100	То же	»	»	1,72	1,32	470
9	600	500	125	»	»	»	1,71	1,31	480
10	700	600	150	»	»	»	1,70	1,30	490
11	800	600	200	»	»	Чугун	1,69	1,29	500
12	900	700	250	»	»	То же	1,68	1,28	510
13	1000	800	300	»	»	»	1,67	1,27	520
14	1100	800	200	»	»	»	1,66	1,26	530
15	1200	900	250	»	Чугун	»	1,65	1,25	540
16	1400	1000	350	»	То же	»	1,64	1,24	550
17	400	300	75	Чу- гун- ные литые	»	»	1,63	1,23	560
18	450	350	100	То же	»	»	1,62	1,22	570
19	500	400	125	»	»	»	1,61	1,21	580
20	600	500	150	»	»	»	1,60	1,20	590
21	700	600	200	»	»	Al	1,59	1,19	600
22	800	600	250	»	»	То же	1,58	1,18	610
23	900	700	300	»	»	»	1,57	1,17	620
24	1000	700	350	»	»	»	1,56	1,16	630
25	1100	800	400	»	»	»	1,55	1,15	640
26	1200	1000	200	»	»	»	1,54	1,14	650
27	400	300	200	Сталь- ные свар- ные	»	»	1,53	1,13	660
28	500	500	150	То же	»	»	1,52	1,12	670
29	800	700	250	»	»	»	1,51	1,11	680
30	1000	800	150	»	»	»	1,50	1,10	700

Таблица 10

Масса опок, кг [4–7]

Материал опок и способ их изготовления	Длина L_o и ширина B_o опок в свету, мм		Варианты исполнения	Высота опок H_o , мм														
	L_o	B_o		75	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	
Цельнолитые из сплава на основе Mg (МЛ5, МЛ6)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	300	300	—	—	2,7	3,0	3,5	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	350	250	—	—	2,7	3,1	3,5	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	400	300	1	1	3,5	4,2	4,9	5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	2	—	—	—	6,3	7,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	400	400	1	1	4,0	4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	2	—	5,3	6,0	6,7	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	450	350	1	1	4,0	4,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	2	—	5,3	6,0	6,7	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500	300	1	1	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	2	—	5,3	6,0	6,7	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500	400	1	1	—	5,7	6,4	7,2	8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	2	—	9,0	10	11,3	14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500	500	—	—	—	9,0	10,5	11,7	14,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Цельнолитые из сплава на основе Al (AK9, AK7, AK5M7)	600	400	—	—	9,2	10,5	11,7	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	600	500	1	—	—	16,8	18,2	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	24,5	27,3							
	600	600	1	—	—	18,2	19,6	21,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	26,0	28,7							
	700	600	1	—	—	17,5	19,6	23,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	28,0	31,5							
	800	500	1	—	—	17,5	19,6	23,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	28,0	31,5							
	800	700	1	—	—	—	27,0	32,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	39,0	43,0							
	900	500	1	—	—	—	26,0	31,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	37,0	42,0							
	900	600	1	—	—	—	27,0	32,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	39,0	43,0							
	300	300	—	3,8	4,4	5,0	5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	350	250	—	3,8	4,4	5,0	5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	400	300	1	5,0	6,0	7,0	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	—	—	9,0	11,0									
	400	450	1	5,6	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	7,6	8,6	9,6	11,6									
	450	350	1	5,6	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	7,6	8,6	9,6	11,6									
	500	300	1	5,6	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	7,6	8,6	9,6	11,6									

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Цельнолитые стальные	500	400	1	—	8,2 13,0	92 14,5	102 16,2	12,2 19,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500	500	1	—	13,5	15,0	16,7	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	600	400	1	—	13,5	15,0	16,7	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	600	500	1	—	—	24,0	26,0	29,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	35,0	39,0							
	600	600	1	—	—	26,0	28,0	31,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	37,0	41,0							
	700	600	1	—	—	25,0	28,0	33,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	40,0	45,0							
	800	500	1	—	—	25,0	28,0	33,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	40,0	45,0							
	800	700	1	—	—	—	39,0	46,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	56,0	63,0							
	900	500	1	—	—	—	37,0	44,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	53,0	60,0							
	900	600	1	—	—	—	39,0	46,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2			—	—	—	56,0	63,0							
Цельнолитые стальные	400	300	1	8,5	10,6	13,8	15,8	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	13,5	15,5	17,5	21,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	450	350	1	9,5	11,8	15,3	17,6	22,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	15,0	17,4	19,8	24,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500	400	1	10,5	13,2	16,5	19,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	17,0	20,0	23,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			3	—	—	—	30,0	36,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	600	500	—	—	—	50,0	53,0	64,0	71,0	78,0	—	—	—	—	—	—	—
	700	600	—	—	—	—	66,0	74,0	82,0	90,0	98,0	106,0	—	—	—	—	—
	800	600	—	—	—	—	71,0	80,0	89,0	98,0	107,0	116,0	—	—	—	—	—
	800	700	—	—	—	—	76,0	85,0	94,0	103,0	112,0	121,0	—	—	—	—	—
	900	600	—	—	—	—	76,0	85,0	94,0	103,0	112,0	121,0	—	—	—	—	—
	900	700	—	—	—	—	115,0	127,0	135,0	148,0	161,0	173,0	—	—	—	—	—
	1000	700	—	—	—	—	120,0	135,0	149,0	162,0	176,0	190,0	—	—	—	—	—
	1000	800	1 2	—	—	—	126,0	140,0	150,0	164,0	178,0	195,0	—	—	—	—	—
							—	—	—	—	—	—	230,0	244,0	—	—	—
	1110	800	—	—	—	—	—	146,0	156,0	172,0	187,0	205,0	—	—	—	—	—
	1200	800	1 2	—	—	—	—	154,0	164,0	179	196,0	228,0	—	—	—	—	—
								—	—	—	—	—	250,0	266,0	—	—	—
	1200	900	1 2 3	—	—	—	—	380,0	412,0	435,0	458,0	480,0	—	—	—	—	—
								—	—	—	—	—	510,0	535,0	—	—	—
								—	—	—	—	—	525,0	552,0	—	—	—
	1200	1000	—	—	—	—	—	392,0	413,0	435,0	465,0	487,0	—	—	—	—	—
	1400	1000	1 2	—	—	—	—	409,0	431,0	455,0	478,0	500,0	—	—	—	—	—
								—	—	—	—	—	572,0	600,0	—	—	—
	1600	1000	1 2	—	—	—	—	451,0	480,0	509,0	537,0	566,0	—	—	—	—	—
								—	—	—	—	—	640,0	680,0	—	—	—
	1600	1200	1 2	—	—	—	—	469,0	501,0	534,0	568,0	600,0	—	—	—	—	—
								—	—	—	—	—	680,0	720,0	—	—	—
	1800	1000	1 2	—	—	—	—	474,0	511,0	541,0	575,0	612,0	—	—	—	—	—
								—	—	—	—	—	686,0	710,0	—	—	—
	1800	1200	1 2	—	—	—	—	501,0	535,0	568,0	600,0	634,0	—	—	—	—	—
								—	—	—	—	—	740,0	798,0	—	—	—

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	2000	2000	1	—	—	—	—	502,0	538,0	568,0	600,0	635,0	—	—	—	—	—
		1000	2						—	—	—	—	760,0	820,0			
	2000	2000	1	—	—	—	—	—	—	950,0	1020,0	1084,0	—	—	—	—	—
		1200	2							—	—	—	1205,0	1300,0			
	2000	2000	1	—	—	—	—	—	—	998,0	1057,0	1120,0	—	—	—	—	—
		1400	2							—	—	—	1265,0	1365,0			
	2000	1600	1	—	—	—	—	—	—	1038,0	1134,0	1173,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	1325,0	1430,0			
	2200	1400	1	—	—	—	—	—	—	1040,0	1092,0	1169,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	—	1285,0	1390,0		
	2200	1600	1	—	—	—	—	—	—	1085,0	1144,0	1208,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	—	1780,0	1445,0		
	2200	1800	1	—	—	—	—	—	—	1135,0	1196,0	1257,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	—	1870,0	1490,0		
	2400	1600	1	—	—	—	—	—	—	1270,0	1340,0	1420,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	—	1895,0	1915,0	—	—
			3							—	—	—	—	—	—	2150,0	2300,0
	2400	1800	1	—	—	—	—	—	—	1345,0	1415,0	1495,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	—	1920,0	2000,0	—	—
			3							—	—	—	—	—	—	2270,0	2415,0
	2500	2000	1	—	—	—	—	—	—	1380,0	1460,0	1530,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	—	1950,0	2080,0	—	—
			3							—	—	—	—	—	—	2380,0	2538,0
	2600	1600	1	—	—	—	—	—	—	1350,0	1420,0	1500,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—	—	1830,0	1970,0	—	—
			3							—	—	—	—	—	—	2260,0	2410,0

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Цельнолитые чугунные	2600	1800	1	–	–	–	–	–	–	1400,0	1475,0	1550,0	–	–	–	–	–
			2							–	–	–		1940,0	2070,0	2370,0	2525,0
			3							–	–	–		–	–	–	–
	2800	1800	1	–	–	–	–	–	–	1420,0	1460,0	1550,0	–	–	–	–	–
			2							–	–	–		1950,0	2100,0	–	–
			3							–	–	–		–	–	2370,0	2528,0
	2800	2000	1	–	–	–	–	–	–	1440,0	1525,0	1620,0	–	–	–	–	–
			2							–	–	–	–	2030,0	2180,0	–	–
			3							–	–	–		–	–	2475,0	2635,0
	3000	1800	1	–	–	–	–	–	–	1560,0	1650,0	1745,0	–	–	–	–	–
			2							–	–	–		2020,0	2170,0	–	–
			3							–	–	–		–	–	2450,0	2605,0
Цельнолитые чугунные	400	300	1	10,8	13,5	16,8	19,5	25,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			2	–	16,5	19,0	21,5	24,0									
	450	350	1	11,5	14,5	18,5	21,5	25,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			2	–	18,0	20,5	23,0	27,5									
	500	400	1	12,5	16,0	20,5	24,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			2	–	21,0	24,0	27,5	–									
			3	–	–	–	28,0	38,0									
	600	500	–	–	–	74,0	80,0	90,0	99,0	108,0	–	–	–	–	–	–	–
	700	600	–	–	–	–	88,0	100,0	110,0	121,0	131,0	144,0	–	–	–	–	–
	800	600	–	–	–	–	93,0	105,0	117,0	121,0	140,0	151,0	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	800	700	—	—	—	—	98,0	111,0	123,0	136,0	148,0	161,0	—	—	—	—	—
	900	600	—	—	—	—	98,0	111,0	123,0	136,0	148,0	161,0	—	—	—	—	—
	900	700	—	—	—	—	158,0	175,0	192,0	210,0	228,0	245,0	—	—	—	—	—
	1000	700		—	—	—	168,0	189,0	209,0	233,0	253,0	274,0	—	—	—	—	—
	1000	800	1	—	—	—	182,0	202,0	222,0	242,0	262,0	282,0	—	—	—	—	—
			2				—	—	—	—	—	—	328,0	380,0			
	1100	800		—	—	—	—	202,0	223,0	243,0	256,0	275,0	—	—	—	—	—
	1200	800	1	—	—	—	—	227,0	247,0	268,0	289,0	311,0	—	—	—	—	—
			2					—	—	—	—	—	358,0	380,0			
	1200	900	1	—	—	—	—	501,0	538,0	560,0	590,0	619,0	—	—	—	—	—
			2					—	—	—	—	—	640,0	680,0			
	1200	1000	1	—	—	—	—	507,0	536,0	562,0	595,0	623,0	—	—	—	—	—
			2					—	—	—	—	—	685,0	729,0			
	1400	1000	1	—	—	—	—	529,0	561,0	592,0	623,0	655,0	—	—	—	—	—
			2						—	—	—	—	732,0	778,0			
	1600	1000	1	—	—	—	—	570,0	609,0	645,0	683,0	721,0	—	—	—	—	—
			2						—	—	—	—	826,0	873,0			
	1600	1200	1	—	—	—	—	596,0	640,0	681,0	720,0	760,0	—	—	—	—	—
			2						—	—	—	—	872,0	917,0			
	1800	1000	1	—	—	—	—	613,0	656,0	695,0	730,0	778,0	—	—	—	—	—
			2						—	—	—	—	768,0	812,0			
	1800	1200	1	—	—	—	—	663,0	716,0	765,0	810,0	860,0	—	—	—	—	—
			2						—	—	—	—	926,0	965,0			
	2000	1000	1	—	—	—	—	698,0	750,0	798,0	819,0	897,0	—	—	—	—	—
			2						—	—	—	—	822,0	871,0			

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	2000	1200	1	—	—	—	—	—	—	1425,0	1482,0	1560,0	—	—	—	—	—
	2000	1400	2	—	—	—	—	—	—	1472,0	1522,0	1608,0	—	—	—	—	—
	2000	1600	1	—	—	—	—	—	—	1502,0	1587,0	1670,0	—	—	—	—	—
	2000	1600	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2200	1400	1	—	—	—	—	—	—	1550,0	1610,0	1706,0	—	—	—	—	—
	2200	1400	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2200	1600	1	—	—	—	—	—	—	1602,0	1663,0	1758,0	—	—	—	—	—
	2200	1600	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2200	1800	1	—	—	—	—	—	—	1670,0	1730,0	1820,0	—	—	—	—	—
	2200	1800	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2400	1600	1	—	—	—	—	—	—	1825,0	1895,0	1985,0	—	—	—	—	—
	2400	1600	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2400	1600	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2400	1800	1	—	—	—	—	—	—	1905,0	1980,0	2080,0	—	—	—	—	—
	2400	1800	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2400	1800	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2500	2000	1	—	—	—	—	—	—	1990,0	2050,0	2150,0	—	—	—	—	—
	2500	2000	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2500	2000	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2600	1600	1	—	—	—	—	—	—	1980,0	1950,0	2050,0	—	—	—	—	—
	2600	1600	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2600	1600	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Литейные сварные из литых сталей элементов (20Л, 25Л, 30Л)	2600	1800	1	—	—	—	—	—	—	1980,0	2053,0	2160,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—		2740,0	2950,0	—	—
			3							—	—	—		—	—	3385,0	3590,0
	2800	1800	1	—	—	—	—	—	—	2060,0	2115,0	2230,0	—	—	—	—	—
			2							—	—	—		2740,0	2950,0	—	—
			3							—	—	—		—	—	3385,0	3590,0
	2800	2000	1	—	—	—	—	—	—	2180,0	2272,0	2380,0	—	—	—	—	—
			2											2840,0	3060,0	—	—
			3											—	—	3525,0	3595,0
	3000	1800	1	—	—	—	—	—	—	2180,0	2272,0	2380,0	—	—	—	—	—
			2											2840,0	3050,0	—	—
			3											—	—	3495,0	3715,0
	3000	2000	1	—	—	—	—	—	—	2195,0	2285,0	2415,0	—	—	—	—	—
			2											3060,0	3290,0	—	—
			3											—	—	3760,0	3990,0
	400	300	1	13,2	14,8	16,6	18,4	21,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	21,2	—	24,4	27,0									
	450	350	1	14,0	16,0	18,1	20,0	23,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2	—	23,0	—	26,5	30,1									
	500	400	1	—	17,7	19,8	21,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2		—	—	28,6	33,2	37,6								
	500	500	—	—	—	—	31,0	35,4	39,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	600	500	—	—	—	52,0	55,2	65,0	71,2	83,2	—	—	—	—	—	—	—
700	600	600	—	—	—	—	64,3	77,0	84,3	99,2	105,8	119,2	—	—	—	—	—
800	500	500	—	—	—	—	59,6	71,3	78,7	94,0	100,8	112,8	—	—	—	—	—

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	800	600	—	—	—	—	67,5	81,4	89,2	107,4	112,2	126,9	—	—	—	—	—
	800	700	—	—	—	—	71,8	86,7	95,1	112,7	120,0	136,2	—	—	—	—	—
	900	600	—	—	—	—	70,0	85,7	94,1	111,0	118,6	134,0	—	—	—	—	—
	900	700	—	—	—	—	111,3	130,0	140,0	161,3	172,8	190,0	—	—	—	—	—
	1000	700	1	—	—	—	119,3	135,3	147,7	168,4	180,4	198,7	—	—	—	—	—
			2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	230,7	244,0	—	—	—
	1000	800	1	—	—	—	122,0	142,0	155,0	177,2	190,2	209,7	—	—	—	—	—
			2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	237,4	255,6	—	—	—
	1100	800	1	—	—	—	—	147,0	158,2	186,3	201,8	229,3	—	—	—	—	—
			2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	248,5	267,3	—	—	—
	1200	800	1	—	—	—	—	154,0	167,8	192,5	206,7	228,5	—	—	—	—	—
			2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	258,8	281,6	—	—	—

Таблица 11

Масса модельных металлических плит, кг,
для встряхивающих формовочных машин [8]

Длина A_0 и ширина B_0 опок в свету, мм		Материал плит	
A_0	B_0	Сталь марок 25Л, 30Л, 35Л	Чугун марки СЧ18 и выше или ВЧ
400	300	17,5; 18; 22; 26,3; 30,6	23; 26,8; 28,8; 29,9; 30,7
450	350	24; 25; 26; 31,6; 37,2	29; 32; 32,5; 34; 39
500	400	29; 30; 32; 37; 46	33; 37; 38; 39,3; 45,6
1000	600	122	134,5
1200	1000	203; 295	243; 358
600	500	52,5; 52,7; 78; 95; 122	73; 74; 94; 107; 117
800	700	110; 110,2; 117; 120; 147; 150; 156	133; 136; 138; 139; 171; 175; 200
1000	800	155; 155,2; 173; 192; 196; 206; 315	205; 211; 212; 233; 315
1600	1200	599	600
2000	1600	942	945
2600	1600	1223	1225
2500	2000	1460	1475

Таблица 12

Варианты индивидуальных заданий к расчету
пневматической встряхивающей формовочной машины

Номер варианта	Параметры опок, мм			Материал			Требуемая степень уплотнения формовочной смеси δ , т/м ³	Начальная степень уплотнения формовочной смеси δ_0 , т/м ³	Усилия прессования, не менее, кН	Избыточное давление сжатого воздуха p_0 , кПа
	A_0	B_0	H_0	опок	модельных плит	модели				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	500	400	150	Сталь- ные ли- тые	Чугун	Сталь	1,79	1,39	40	400
2	600	500	250	То же	То же	То же	1,78	1,38	41	410
3	630	500	250	»	»	»	1,77	1,37	42	420
4	800	630	300	»	»	»	1,76	1,36	100	430
5	800	700	300	»	»	»	1,75	1,35	110	440
6	1000	800	300	»	Сталь	»	1,74	1,34	145	450
7	1000	800	250	Сталь- ные ли- тые	То же	»	1,73	1,33	146	460
8	1000	800	350	То же	»	»	1,72	1,32	147	470
9	1200	1000	400	»	»	»	1,71	1,31	210	480
10	1250	1000	400	»	»	»	1,70	1,30	220	490
11	1600	1200	600	»	»	Чугун	1,69	1,29	250	500
12	1600	1250	600	»	»	То же	1,68	1,28	251	510
13	2000	1600	600	»	»	»	1,67	1,27	252	520
14	2000	1600	700	»	»	»	1,66	1,26	253	530
15	2500	2000	800	»	Чугун	»	1,65	1,25	254	540
16	1400	1000	350	»	То же	»	1,64	1,24	55	550
17	500	400	150	Чугун- ные ли- тые	»	»	1,63	1,23	56	560
18	600	500	250	То же	»	»	1,62	1,22	57	570

Окончание табл. 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	630	500	250	Чугун- ные ли- тые	Чугун	Чугун	1,61	1,21	58	580
20	800	630	300	То же	То же	То же	1,60	1,20	99	590
21	800	700	300	»	Сталь	АІ	1,59	1,19	100	600
22	1000	800	300	»	То же	То же	1,58	1,18	141	610
23	1000	800	250	»	»	»	1,57	1,17	142	620
24	1000	800	350	»	»	»	1,56	1,16	143	630
25	1200	1000	400	»	»	»	1,55	1,15	196	640
26	1250	1000	400	»	»	»	1,54	1,14	200	650
27	1600	1200	600	Сталь- ные свар- ные	»	»	1,53	1,13	230	660
28	1600	1250	600	То же	»	»	1,52	1,12	240	670
29	2000	1600	600	»	»	»	1,51	1,11	268	680
30	2000	1600	700	»	»	»	1,50	1,10	70	700

Таблица 13

Варианты индивидуальных заданий
к расчету пескодувной стержневой машины

Номер ва- рианта	Масса стержней с одного съема, кг	Размеры стержневого ящика, мм			Давление сжатого воздуха в сети, кПа
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	
1	2	3	4	5	6
1	1	150	100	80	410
2	2	250	150	100	420
3	3	270	160	110	430
4	4	280	180	120	440
5	5	300	200	1309	450
6	6	350	250	135	460
7	7	360	270	140	470
8	8	370	290	145	480
9	9	390	330	150	490
10	10	400	350	160	500
11	15	500	400	165	510
12	20	550	450	170	520
13	30	580	455	200	530
14	40	600	460	220	540
15	50	650	450	250	550

Окончание табл. 13

1	2	3	4	5	6
16	60	700	460	270	560
17	70	710	480	290	570
18	80	730	500	300	580
19	90	740	520	310	590
20	100	750	550	320	600
21	110	800	600	325	610
22	120	850	650	330	620
23	130	900	670	335	630
24	140	1000	690	340	640
25	200	1100	700	350	650
26	300	1200	800	400	660
27	500	1300	900	500	670
28	800	1600	1100	550	680
29	1400	1800	1250	600	690
30	2100	2300	1450	610	700

Таблица 14

Варианты индивидуальных заданий
к расчету метательной головки пескомёта

Номер варианта	Производительность, м ³ /ч	Количество лопаток (ковшей)
1	2	3
1	3	1
2	5	2
3	9	1
4	12	2
5	15	1
6	20	2
7	22	1
8	25	2
9	30	1
10	35	2
11	40	1
12	45	2
13	50	1
14	55	2
15	60	1
16	65	2

Окончание табл. 14

1	2	3
17	70	1
18	75	2
19	80	1
20	85	2
21	90	1
22	92	2
23	94	1
24	96	2
25	100	1

Таблица 15

Варианты индивидуальных заданий
к расчету выбивных решеток

Номер варианта	G_{Φ} , кН	$e_0 \cdot 10^{-3}$, кДж/кН
1	2	3
1	1	15
2	2	16
3	3	17
4	4	18
5	5	19
6	6	20
7	7	21
8	8	22
9	9	23
10	10	24
11	15	25
12	20	26
13	30	27
14	40	28
15	50	29
16	60	30
17	70	31
18	80	32
19	90	33
20	100	34
21	110	35

Окончание табл. 15

1	2	3
22	120	36
23	130	37
24	140	38
25	150	39
26	160	40

Таблица 16

Варианты индивидуальных заданий
к расчету гидромонитора

Номер варианта	$\sigma_{ст}$, МПа	p , МПа
1	2	3
1	0,90	2,5
2	0,92	2,6
3	0,94	2,7
4	0,96	2,8
5	0,98	2,9
6	1,00	3,0
7	1,02	3,1
8	1,04	3,2
9	1,06	3,3
10	1,08	3,4
11	1,10	3,5
12	1,12	3,6
13	1,14	3,7
14	1,16	3,8
15	1,18	3,9
16	1,20	4,0
17	1,22	10,0
18	1,24	10,5
19	1,26	11,0
20	1,28	11,5
21	1,30	12,0
22	1,32	12,5
23	1,34	13,0
24	1,36	13,5
25	1,38	14,0

Окончание табл. 16

1	2	3
26	1,40	16,0
27	1,42	17,0
28	1,44	18,0
29	1,46	19,0
30	1,48	20,0

Таблица 17

Варианты индивидуальных заданий
к расчету галтовочных барабанов

Номер варианта	Характер работы	G_1 , кН	L_1 , м	D , м	L , м	Q , т	τ , мин	n , мин ⁻¹
1	Периодический	2	0,10	0,50	1,0	0,1	30	—
2	Непрерывный	4	0,11	0,54	4,0	—	—	5,0
3	Периодический	6	0,12	0,58	1,1	0,6	33	—
4	Непрерывный	8	0,13	0,62	4,5	—	—	5,5
5	Периодический	10	0,14	0,66	1,2	1,1	36	—
6	Непрерывный	12	0,15	0,70	5,0	—	—	6,0
7	Периодический	14	0,16	0,74	1,3	1,6	39	—
8	Непрерывный	16	0,17	0,78	5,5	—	—	6,5
9	Периодический	18	0,18	0,82	1,4	2,1	42	—
10	Непрерывный	20	0,19	0,86	6,0	—	—	7,0
11	Периодический	22	0,20	0,90	1,5	2,6	45	—
12	Непрерывный	24	0,21	0,94	6,5	—	—	7,5
13	Периодический	26	0,22	0,98	1,6	3,1	48	—
14	Непрерывный	28	0,23	1,02	7,0	—	—	8,0
15	Периодический	30	0,24	1,06	1,7	3,6	51	—
16	Непрерывный	32	0,25	1,10	7,5	—	—	8,5
17	Периодический	34	0,26	1,14	1,8	4,1	54	—
18	Непрерывный	36	0,27	1,18	8,0	—	—	9,0
19	Периодический	38	0,28	1,22	1,9	4,6	57	—
20	Непрерывный	40	0,29	1,26	8,5	—	—	9,5
21	Периодический	42	0,30	1,30	2,0	5,1	60	—
22	Непрерывный	44	0,31	1,34	9,0	—	—	10,0
23	Периодический	46	0,32	1,38	2,1	5,6	63	—
24	Непрерывный	48	0,33	1,42	9,5	—	—	10,5
25	Периодический	50	0,34	1,46	2,2	6,1	66	—

Таблица 18

Варианты индивидуальных заданий
к расчету дробемерного аппарата

Номер варианта	Π , кг/мин	v , м/с	$2R$, м	f
1	100	40	0,45	0,12
2	120	42	0,46	0,12
3	140	50	0,47	0,12
4	160	54	0,48	0,12
5	180	60	0,49	0,12
6	200	62	0,50	0,13
7	220	64	0,51	0,13
8	240	66	0,52	0,13
9	260	68	0,53	0,13
10	280	70	0,54	0,13
11	300	72	0,55	0,14
12	320	74	0,56	0,14
13	340	76	0,57	0,14
14	360	78	0,58	0,14
15	380	80	0,59	0,14
16	400	82	0,6	0,15
17	450	84	0,61	0,15
18	500	86	0,62	0,15
19	550	88	0,63	0,15
20	600	90	0,64	0,15
21	650	92	0,65	0,16
22	700	94	0,66	0,16
23	750	96	0,67	0,16
24	800	98	0,68	0,16
25	850	100	0,70	0,16

Словарь терминов

Аэратор – литейный разрыхлитель, в котором формовочная смесь разрыхляется с помощью лопаток, закрепленных на вращающемся валу и отбрасывающих смесь на висящие цепи или решетку.

Бегуны – литейный смеситель; литейная машина для смешивания компонентов формовочных и стержневых смесей и их выдачи.

Бункер – емкость для хранения сыпучих и кусковых материалов.

Вдувные отверстия – отверстия в надувной плите пескодувной машины и в стержневом ящике, через которые стержневая смесь заполняет полость стержневого ящика.

Вента – выдувная сетка; элемент литейной модели, стержневого ящика, опоки, кокиля, предназначенный для выхода воздуха и газов из полости модельно-опочной оснастки при изготовлении формы или стержня или из полости кокиля при заливке металла.

Вентиляционная плита – плита с каналами или отверстиями, на которую устанавливают стержневой ящик при изготовлении стержней пескодувным способом.

Вытяжка (протяжка) модели – операция съема формы или стержня с модели, стержневой оснастки, предупреждающая перекося движущихся частей.

Гидрокамера – камера, в которой удаление стержней из отливок происходит за счет разрушения их струей воды под высоким давлением.

Грохот – устройство для разделения частиц (кусков) сыпучих материалов по крупности просеиванием через сита или решета.

Закром – отсек, отгороженное место на складе в виде ларя, служащее для хранения сыпучих материалов.

Затвор – устройство для периодической выдачи материала из бункера в необходимом количестве.

Крестовина – перемычки внутри опоки, придающие ей жесткость и способствующие удержанию в опоке уплотненной формовочной смеси.

Лад – сторона, часть опоки, стержневого ящика или литейной полуформы, которой они соединяются (спариваются) соответственно с другой стороной опоки, стержневого ящика, с сушильной плитой или со стороной второй литейной полуформы.

Модельная плита – плита, оформляющая разъем литейной формы и несущая на себе различные части модели, включая литниковую систему.

Монитор – ствол, металлический наконечник гибкого шланга с клапаном подачи и отключения воды, используемый в установках для гидравлической (гидромониторы) или гидроабразивной (пескогидромониторы) очистки отливок.

Мультипликатор – устройство для усиления действия какого-либо механизма (например, для повышения давления при прессовании).

Набивка – уплотнение формовочной смеси, процесс увеличения прочности и твердости формовочной смеси под воздействием внешней уплотняющей нагрузки.

Опока литейная – приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, ее транспортировании и при заливке жидким металлом.

Отсечка воздухоподачи – закрытие впускных отверстий для подачи воздуха во встряхивающий механизм формовочной (стержневой) машины.

Пескодувная головка – пневматическое устройство пескодувной формовочной (стержневой) литейной машины, предназначенное для транспортирования формовочной (стержневой) смеси в модельную оснастку и ее уплотнения.

Пескомет – формовочная литейная машина, уплотняющая формовочную смесь метанием предварительно уплотненных пакетов смеси.

Пескострельная головка – пневматическое устройство пескострельной формовочной (стержневой) литейной машины, предназначенное для транспортирования формовочной (стержневой) смеси в модельную оснастку и ее уплотнения.

Питатель для сыпучих материалов – устройство, служащее для равномерной и непрерывной выдачи материала из бункеров.

Прессовая плита – плита, применяемая при машинной формовке на встряхивающих или прессовых машинах для уплотнения верхнего слоя формовочной смеси в опоке.

Пульпа – смесь твердых частиц и жидкости, в которой они взвешены; образуется при мокрому обогащении песка, гидроочистке отливок и т. д.

Ресивер – сосуд для скапливания газа или пара, предназначенный главным образом для сглаживания колебаний давления, вызываемых пульсирующей подачей расходуемых материалов.

Рукава пескомета – конструктивные части пескомета, с помощью которых обслуживается вся площадь его действия; подразделяются на большой рукав, вращающийся на основании-тумбе, и на малый рукав, шарнирно укрепленный на большом рукаве пескомета.

Съем формы – извлечение моделей из формы, то же, что *вытяжка* моделей; различают съем формы штифтовой, рамочный, с поворотом и с перекидкой.

Таль – механизм, смонтированный в одном корпусе с приводом, предназначенный для подъема или подъема и горизонтального перемещения груза.

Тельфер – электрическая таль.

Шибер – прямоугольная или фигурная пластина, используемая в качестве заслонки (задвижки) в дымоходах, рабочих органах дозаторов и т. д.